

IHH

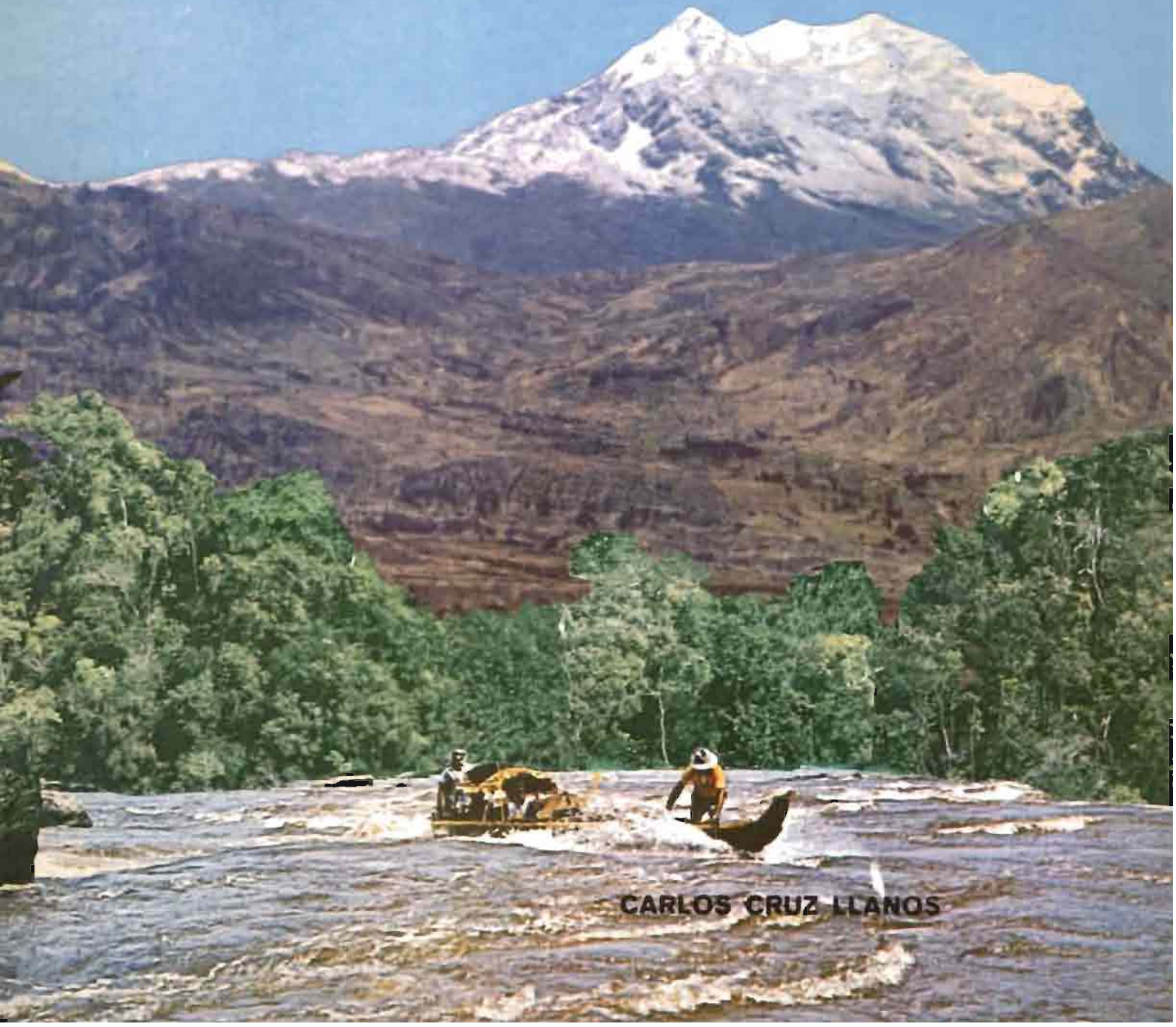
**PHICAB**

ORSTOM

CONAPHI

# **BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RIO ITENEZ**

AMAZONIA - BOLIVIA - BRASIL



**CARLOS CRUZ LLANOS**

I H H

P H I C A B

O R S T O M

C O N A P H I

BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL  
DE LA CUENCA DEL RIO ITENEZ  
AMAZONIA - BOLIVIA - BRASIL

CARLOS J. CRUZ LL.

DIRECTOR IHH : CARLOS FERNANDEZ JAUREGUI

CO-DIRECTOR PHICAB : MICHEL-ALAIN ROCHE

1987

## AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Mayor de San Andrés y, en especial al plantel docente de Ingeniería Civil
- Un especial agradecimiento a ORSTOM y al I.H.H. por haber patrocinado este proyecto de estudio Climatológico e Hidrológico de la cuenca Amazónica
- Al SENAMHI - BOLIVIA, que proporcionó la información necesaria, en especial a las Srtas. Secretarias de la Sección Archivos
- Al DNAEE y DCRH de la República del Brasil por la gentileza en proporcionar la información Hidrometeorológica
- Al Dr. Michel-Alain Roche, Co-Director del PHICAB, por su permanente interés, y asesoramiento para la realización de este trabajo
- Al Instituto de Hidráulica e Hidrología I.H.H. de la UMSA y en especial a los Ing. Carlos Fernández Jáuregui, Angel Aliaga y Jorge Peña por su significativo apoyo en la elaboración del presente trabajo
- Al Ing. Gregorio Ortega Vaca por la colaboración en la Bibliografía, y complementación de la información a través de la Embajada de la República del Brasil

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

El BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL RIO ITENEZ cuya Memoria presenta este documento, como objetivo inmediato tiende mostrar un conjunto de observaciones y recomendaciones, a fin de ser tomadas en cuenta en la orientacion de politicas eficientes de aprovechamiento conservacion y control de los recursos hidricos.

La importancia del estudio, tambien radica en que es uno de los primeros de naturaleza integral que se realizan para la region, en el campo de los recursos hidricos.

Como entes patrocinadores participan ORSTOM (Instituto Frances de Investigacion para el Desarrollo en Cooperacion) y el IHH (Instituto de Hidraulica e Hidrologia) a traves del PHICAB (Proyecto Hidrologico y Climatologico de la Amazonia de Bolivia).

A fin de establecer compatibilidad a nivel Nacional y Continental el estudio toma como base de referencia principal la Guia Metodologica para la Elaboracion del Balance Hidrico de America del Sur editado por UNESCO/ROSTLAC y su ente ejecutor el PHI (Programa Hidrologico Internacional).

## INDICE

Página

### CAPITULO 1

<b>INTRODUCCION</b>	1
1.1. Descripción de la zona en estudio	4
1.1.1. Fisiografía e Hidrología	4
1.1.2. Clima	9
1.1.3. Geología	12
1.1.4. Topografía	12
1.1.5. Hidrogeología	14
1.1.6. Suelos	14
1.1.6.1. Bosque Húmedo Sub Tropical	16
1.1.6.2. Bosque Seco Sub Tropical	17
1.1.6.3. Bosque Seco Templado	18
1.1.6.4. Bosque Húmedo Templado	19
1.1.7. División de Unidades Hidrológicas	24

### CAPITULO 2

<b>ESTUDIO DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL BA - LANCE HIDRICO</b>	26
---	----



	<b>Página</b>
2.6.2. Ampliación de las Estadísticas Fluiométricas	112
2.6.3. Estimación de Caudales para Cuencas con poca Información	114
2.6.4. Presentación de Resultados	115
2.6.4.1. Sub Cuenca Pontes E Lacerda	115
2.6.4.2. Sub Cuenca Mato Grosso	116
2.6.4.3. Sub Cuenca Pimenteiras	116
2.6.4.4. Sub Cuenca Pedras Negras	117
2.6.4.5. Sub Cuenca del Río Baures e Itonomas	117
2.6.4.6. Cuenca del Río Itenez	117

### **CAPITULO 3**

#### **BALANCE HIDRICO**

3.1. Análisis de los Componentes que Intervienen y su influencia en el cálculo del Balance Hídrico	131
3.2. Balance Hídrico Superficial	132
3.3. Balances Hídricos según los Antecedentes Existentes	134
3.3.1. Cuencas con control Fluiométrico	135
3.3.2. Cuencas con Parte Importante de su Area Cubierta por Agua	137
3.4. Balance Hídrico Acumulado Sub Cuencas	138

	<b>Página</b>
3.4.1. Sub Cuenca Pontes E Lacerda	138
3.4.2. Sub Cuenca Mato Grosso	141
3.4.3. Sub Cuenca Pimenteiras	143
3.4.4. Sub Cuenca Pedras Negras	146
3.4.5. Sub Cuenca del Itenez Bajo	148
3.4.6. Sub Cuenca río Itonomas	150
3.4.7. Sub Cuenca del río Baures	152
3.4.8. Cuenca del río Itenez	154

## **CAPITULO 4**

4.1. Conclusiones	157
4.2. Evaluación de los Parámetros	159
4.2.1. Análisis de los Resultados	162
4.7. Recomendaciones	164

ANEXO 1 METODOLOGIA PARA EL CALCULO DEL PATRON DE PRECIPITACIONES ANUALES	167
ANEXO 2 FORMULA DE PENMAN	174
ANEXO 3 FORMULA DE THORNTHWAITE	182
ANEXO 4 METODO DE LANGBEIN	203
ANEXO 5 HIDROGRAMAS E HISTOGRAMAS	207



## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

El Agua es el recurso fundamental para el desenvolvimiento de las actividades humanas, es por ello que se impone un conocimiento profundo de este recurso. Un primer paso para ello es el balance hídrico superficial, actividad que permitirá una evaluación espacial y temporal del mismo.

En los países en desarrollo y principalmente en Bolivia, es imprescindible elaborar este balance preliminar que acompañará a estudios posteriores de evaluación para el aprovechamiento del recurso.

Valdría la pena recordar que el balance hídrico superficial, en el sistema de referencia " cuenca del río Itenez " y en el período "normal" anual, debe existir un equilibrio entre las entradas ( precipitación ) y salidas, evaporación y escorrentia. De acuerdo al principio de conservación de la masa en un sistema físico hidrológicamente aislado y estacionario.

Al evaluar las variables hidrometeorológicas anuales, se utilizan datos y estimaciones con métodos generalizados, los cuales involucran un



error en la estimación del balance, el mismo que se denomina "término de discrepancia". En consecuencia, si el valor de este término es bajo nos indica que los términos del balance tienden a compensarse.

Para la evaluación de las variables intervinientes, es necesario desarrollar actividades que involucran la recopilación y procesamiento de datos, siendo éstas las columna vertebral para acotar espacial y temporalmente al recurso Agua en la cuenca del río Itenez.

El desarrollo de un proyecto en este rubro, está en función de la calidad y cantidad de información disponible, habiendo tropezado en éste en particular con datos insuficientes.

Para el desarrollo del balance nos apoyamos en toda la información nacional disponible y en mapas temáticos existentes, incluyendo además, información relativa de los Estados Unidos del Brasil.

Una vez satisfecho este objetivo tendremos una base preliminar para la ejecución de posibles proyectos hidráulicos, tendientes a la utilización racional, control y distribución del recurso Agua en el tiempo y el espacio, lo que ampliará la frontera de posibilidades en desarrollo de la "cuenca del río Itenez".

#### 4.

##### 1.1. Descripción de la zona en estudio

###### 1.1.1. Fisiografía e Hidrografía

La cuenca Hidrográfica del río Itenez, hasta el punto de control Campamento More está ubicada entre  $11^{\circ}00'$  y  $18^{\circ}00'$  de latitud sud, y los  $59^{\circ}00'$  y  $65^{\circ}00'$  de longitud oeste.

Políticamente la cuenca pertenece a la República Federal del Brasil ( estados de Rondonia y Matto Grosso ) y Bolivia ( departamentos Beni y Santa Cruz ).

La cuenca del río Itenez, tiene 4 provincias fisiográficas a describir ( Fig. 1.2 ). Los llanos bajos húmedos, desde el río Beni al occidente hasta la frontera brasileña formada por el río Itenez o Guapore existe una amplia llanura baja en altitud húmeda y tropical que es una verdadera penillanura formada por la acumulación de cientos de metros de sedimentos finos de edad terciaria y cuaternaria aportados por los innumerables ríos que, bajando de la Cordillera Andina van hacia los cursos troncales, que forman el Amazonas.

**Llanura del Chaco :** Al Sur del paralelo  $16^{\circ}$  se extiende una inmensa llanura con características diferentes a las llanuras de inundación del río Beni, debido a su clima seco. El paisaje se caracte

teriza por poseer una vegetación xerofítica con arbustos raquíticos y espinosos dando lugar a un bosque ralo y bajo.

El suelo es predominantemente arenoso y poco apto para muchos cultivos. Los ríos no son frecuentes y se infiltran en arenales o bañados.

**Escudo Brasileño :** A lo largo de la frontera con el Brasil existe una zona con afloramiento de rocas muy antiguas, principalmente granitos y basaltos.

Sierras Chiquitanas en el oriente del país y en el territorio de la antigua provincia de chiquitos, existe una zona más elevada que el resto circundante de las planicies bajas, húmedas y secas, que han tomado el nombre genérico de Sierras Chiquitanas. Se trata de cadenas bajas de montaña que forman hileras paralelas.

El río Itenez o Guapore que forma el límite Nor-Oeste con el Brasil, nace en las Serranías de Aguapehi con el nombre de río Alegre en el estado de Mato Grosso en la República Federal del Brasil, con un área de drenaje de 303.284.2 Km<sup>2</sup>, tiene un curso hacia el Nor-Oeste, el río Itenez tiene como afluentes los ríos Verde, Paragua, Danubio, Baurés, Blanco, Negro Itonomas y Machupo, los que a su vez están forma-

6.

dos por caudales de múltiples ríos y arroyos en las llanuras Cruceño-Benianas, finalmente el río Itenez o Guapore es tributario del río Mamoré a la altura del paralelo  $11^{\circ} 52'$ .

La profundidad máxima del río Itenez es de 19.5 mts., y está ubicada a 370 Km aguas abajo de Piso Firme. Su ancho máximo es de 570 m. en el Campamento More a 300 Km. y el ancho mínimo corresponde a 107 m. en piso firme. El ancho promedio del río Itenez es de 495 m.

El río Itenez es navegable desde Piso Firme, puerto cabecera sobre el río Paragua en una longitud de 631 Km., hasta la confluencia de los ríos Itenez y Mamoré.

Los principales obstáculos y restricciones a la navegación en el río Itenez son : las cachuelas en Fuerte Príncipe Da Beira, la existencia de plantas hidrófilas denominadas colchas o cañuelas y la existencia de numerosas Bahías dificultan la navegación.

La zona de influencia del río Itenez, por tener escasa densidad de población, no cuenta con un tráfico importante de carga y no existe información estadística sobre volúmenes transportados. La carga que se moviliza en este río es principalmente ganado, goma y madera.

I. MONTES DE OCA

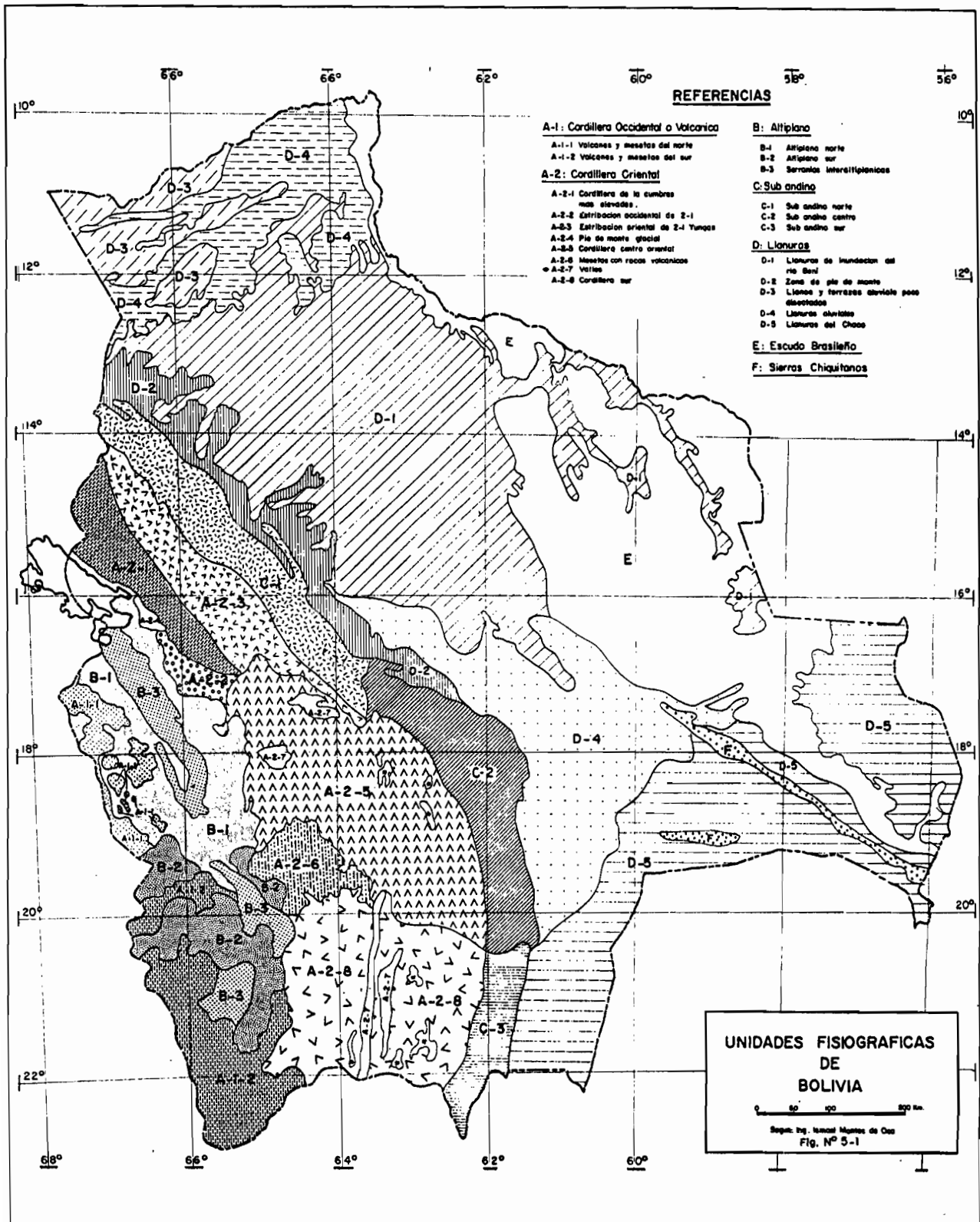


Figura 1.2.



Fig. 3 : Carte hydrographique de Bolivie

Figura 1.3.



### 1.1.2. Clima

La diferencia de latitud, altitud, las variaciones de pluviosidad y temperatura y su mayor o menor cercanía a la costa del Pacífico hace que el clima varíe en la cuenca del río Itenez, uno de los factores que tiene gran importancia en estas variaciones climáticas es la afluencia de vientos cargados de humedad, provenientes de la cuenca amazónica en el norte, y los vientos fríos que vienen de la Antártida en el Sur. El choque de aquéllos, ya sea contra la Cordillera de los Andes o con las masas de aire frío provenientes del Sur determinan la precipitación pluvial en las zonas de contacto.

Según Köppen, la zona en estudio tiene los siguientes tipos de clima :  $B_{sw} h'$  estepa con invierno seco, muy caliente.  $A_w$  clima tropical de sabana, con invierno seco.  $A_m$  clima tropical siempre húmedo.  $A_m$  clima tropical húmedo con corta sequía. ( Ver figura 1.4. )

Según García Agrega y Viparelli en el " PERFIL ESQUEMATICO DEL CLIMA Y DE LA HIDROLOGIA EN BOLIVIA " en el mapa de Trewartha-Robinson el clima de la zona en estudio, corresponde a la clasificación  $A_w$ , clima tropical húmedo y seco, caracterizado por tener invierno seco. ( Figura 1.5. )

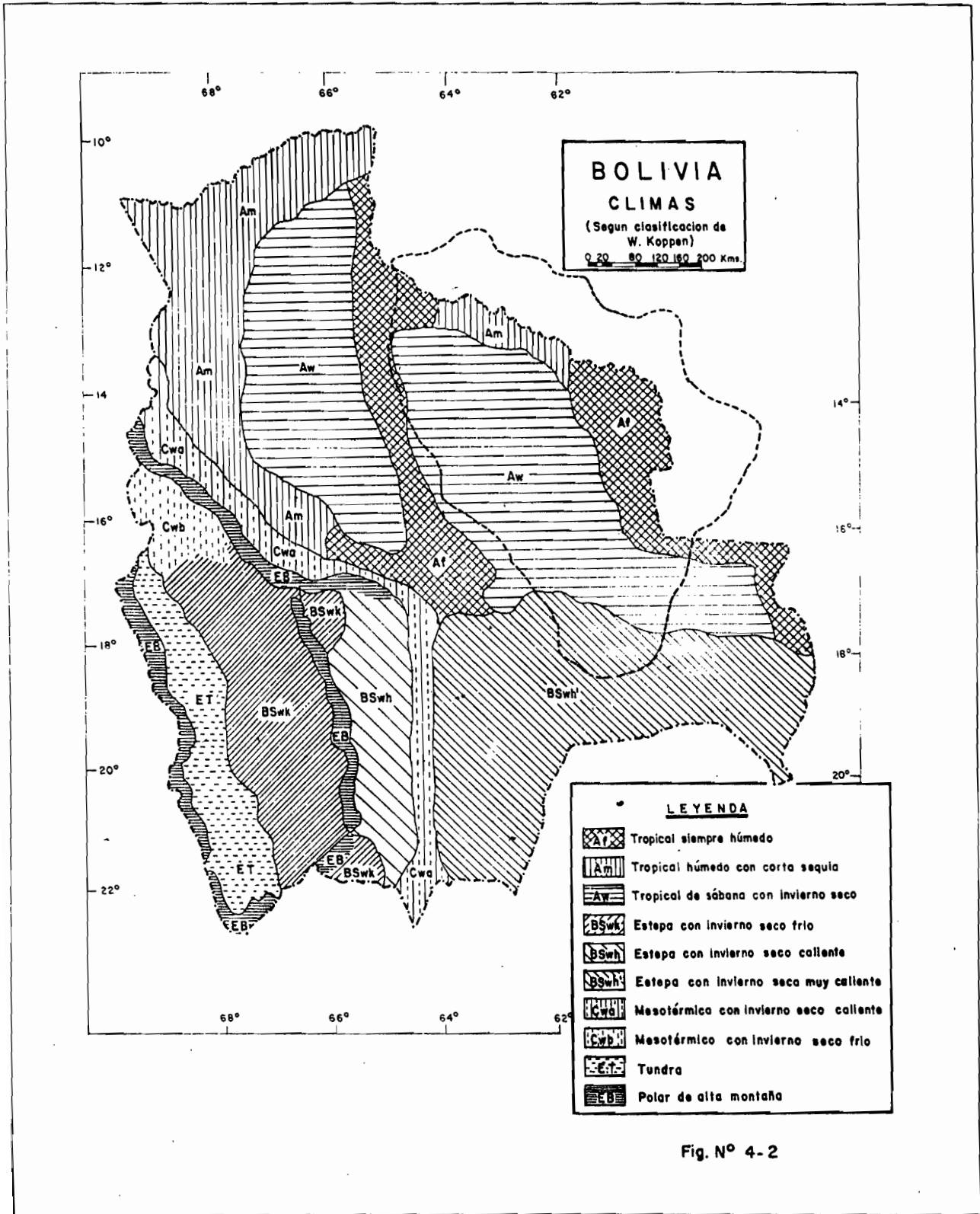


Figura 1.4.

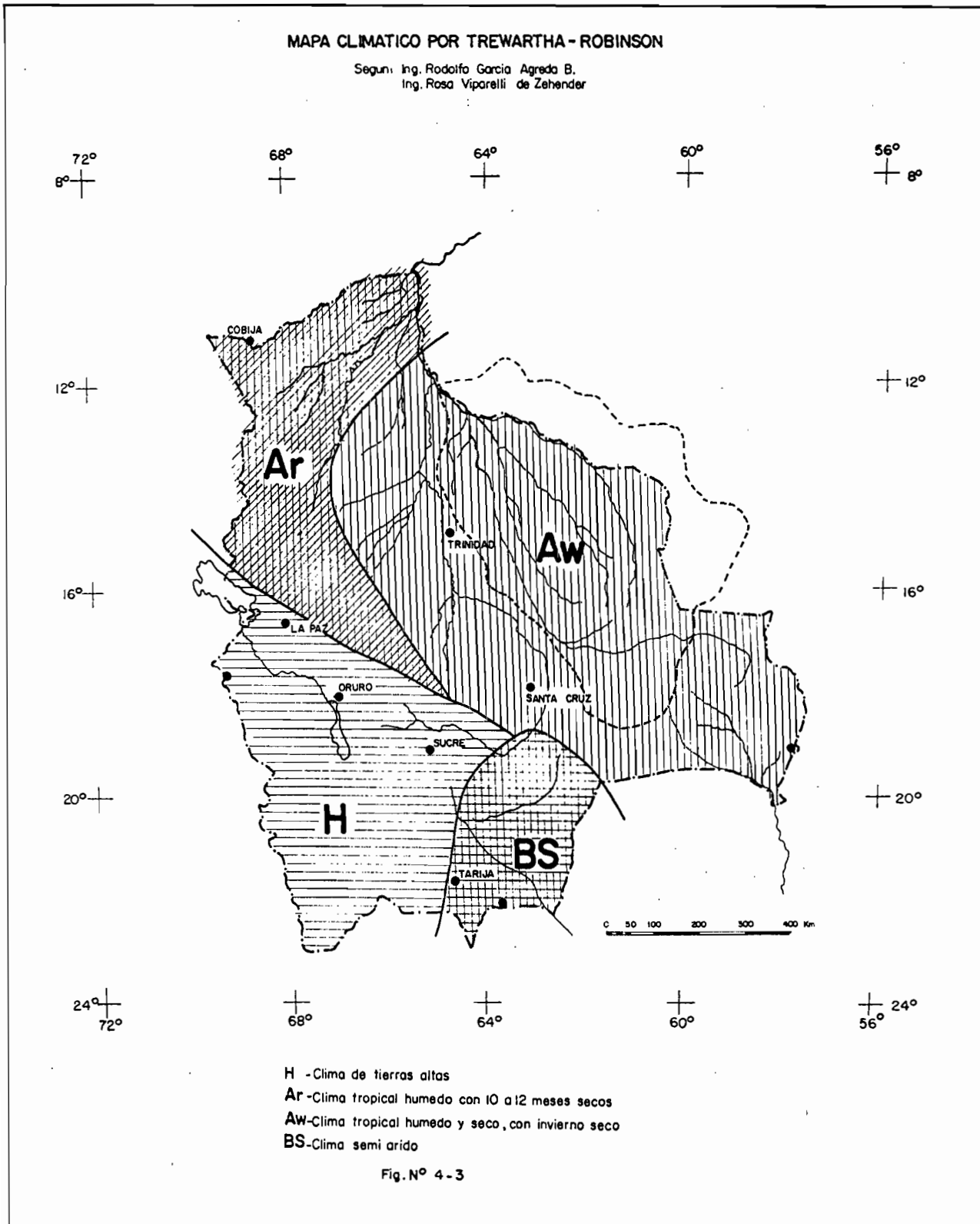


Figura 1.5.

### 1.1.3. Geología

La cuenca del río Itenez o Guaporé, está ubicada en la forma -  
ción denominada Llanura Beniana. Se encuentra encerrada por la Cordi-  
llera Oriental y la antigua Guyana Brasil. Esta depresión está rellena,  
en un 50 % con terrenos de aluvión de arcillas y limos, y a medida que  
el río se desplaza hacia zonas bajas se observan rellenos con sedimentos  
suelos.

Las formaciones geológicas macizas en la parte Oriental, próxi-  
mas al río, y a los afloramientos petrográficos de basamentos cristalinos  
graníticos, con presencia de conglomerados en las orillas del río Versa-  
lles y Príncipe Da Beira, demuestra la participación de la Cordillera Dos  
Parecis.

De acuerdo al profesor Alhfeld el Escudo Brasileño se introdu-  
ce en gran parte del territorio boliviano como una cuña, hasta más o  
menos 140 kilómetros del Borde de los Andes, al Nor Oeste de Santa  
Cruz.

### 1.1.4. Topografía

La zona en estudio presenta una llanura que tiene una altura en  
tre 200 y 300 m. sobre el nivel del mar. En el límite con la República



del Brasil, se levantan varias Serranías como las de Huanchaca ( 750 m. ) Dos Parecis ( 1250 m. ), Ricardo Franco, San Simón y en el Sur Oeste de la cuenca las Serranías de San José ( 667 m. ) y la Serranía de San tiago con el Cerro Chochis de 1290 m.

En el Fuerte Príncipe Da Beira hay que destacar las Cachuelas que son diques naturales de roca.

#### **1.1.5. Hidrogeología**

En las rocas del Escudo Brasileño, no existe acuíferos continuos. La circulación de agua en fisura está limitada y restringida a las partes meteorizadas e intensamente plegados y dislocadas de las rocas graníticas precámbricas.

La importancia hidrogeográfica de las rocas paleozoicas más permeables, como calizas cámbricas, areniscas y cuarcitas ordovícicas y areniscas silúricas, es limitada porque las más de ellas se encuentran so bre el nivel de base de erosión, formando mesetas inclinadas.

#### **1.1.6. Suelos**

Para mejor comprensión del tipo de suelo, vegetación, uso de la tierra se utilizará el mapa ecológico de Bolivia. ( Ver figura 1.7 - 1.8.

# MAPA GEOLOGICO DE BOLIVIA



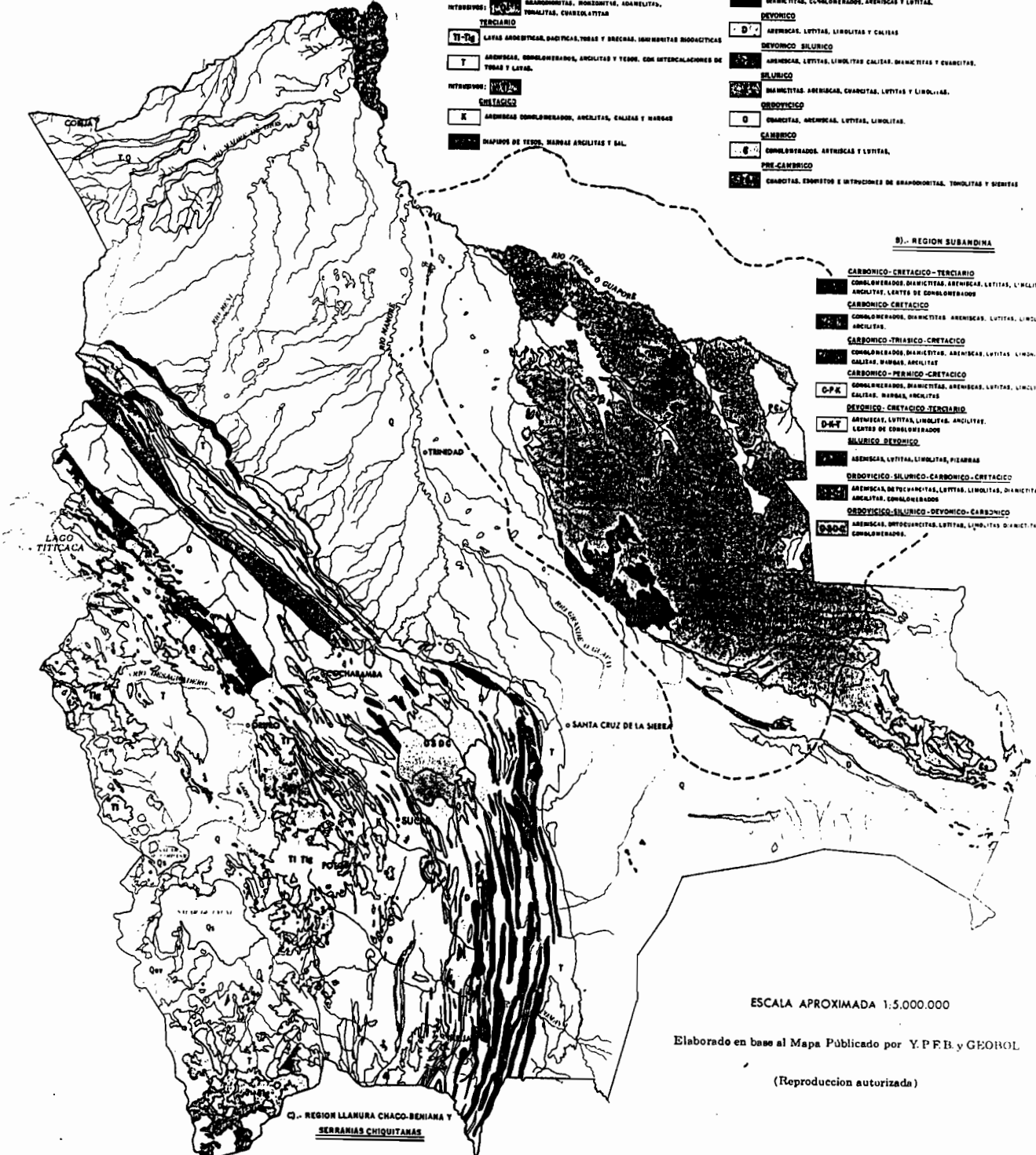
## LEYENDA

### A).- CORDILLERA ORIENTAL Y ALTIPLANO

<b>CUATERNARIO</b>	<b>TRIASICO</b>
<b>Q</b> DEPÓSITOS ALUVIALES, FLUVIO-LACUSTRES, FLUVIO-GLACIALES, COLUVIALES, HORBAS, BALÑOS, TERZASAS (GRASAS, ARENAS, LIMOS, ARCILLAS, CALIZAS Y TILLS)	<b>TRIASICO</b> ARENISCAS, CALIZAS Y MARGAS
<b>Qa</b> BALÑOS	<b>PERMICO</b> CALIZAS, MARGAS Y LUTITAS,
<b>Qev</b> ESTRATOS-VOLCANES. (LAVAS ANDESITICO-DACITICAS)	<b>CARBONICO</b> MARCITITAS, CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y LUTITAS.
<b>INTRODUCCION:</b> <b>TI-TR</b> MARMOONITAS, BORGONITAS, ADANELITAS, TONALITAS, CHACOLUTITAS	<b>DEVONICO</b> ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS Y CALIZAS
<b>TERCIARIO</b>	<b>DEVONICO SILURICO</b> ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS CALIZAS, MARCITITAS Y CUARCITAS.
<b>TI-TR</b> LAVAS ANDESITICAS, DACITICAS, TUBAS Y BRECHAS, ISMIRONITAS BIODACTICAS	<b>SILURICO</b> MARCITITAS, ARENISCAS, CHACOLITAS, LUTITAS Y LIMOLITAS.
<b>T</b> ARENISCAS, CONGLOMERADOS, ARCILLITAS Y YESOS. CON INTERCALACIONES DE TUBAS Y LAVAS.	<b>ORDOVICICO</b> CHACOLITAS, ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS.
<b>INTRODUCCION:</b> <b>TR</b> ARENISCAS CONGLOMERADAS, ARCILLITAS, CALIZAS Y MARGAS	<b>CAMBRIICO</b> CONGLOMERADOS, ARTUSCAS Y LUTITAS.
<b>K</b> ARENISCAS CONGLOMERADAS, ARCILLITAS, CALIZAS Y MARGAS	<b>PRE-CAMBRIICO</b> CHACOLITAS, ESQUITOS E INTRODUCCIONES DE MARMOONITAS, TONALITAS Y BIENTES
<b>DIAPYROS DE YESO, MARGAS ARCILLITAS Y SAL.</b>	

### B).- REGION SUBANDINA

<b>CARBONICO-CRETACICO-TERCIARIO</b> CONGLOMERADOS, MARCITITAS, ARENISCAS, LUTITAS, ARCILLITAS, LENTAS DE CONGLOMERADOS
<b>CARBONICO-CRETACICO</b> CONGLOMERADOS, MARCITITAS, ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS, ARCILLITAS.
<b>CARBONICO-TRIASICO-CRETACICO</b> CONGLOMERADOS, MARCITITAS, ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS, CALIZAS, MARGAS, ARCILLITAS
<b>CARBONICO-PERMICO-CRETACICO</b> CONGLOMERADOS, MARCITITAS, ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS, CALIZAS, MARGAS, ARCILLITAS
<b>C-PK</b> CONGLOMERADOS, MARCITITAS, ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS, CALIZAS, MARGAS, ARCILLITAS
<b>DEVONICO-CRETACICO-TERCIARIO</b> ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS, ARCILLITAS, LENTAS DE CONGLOMERADOS
<b>D-4-T</b> SILURICO-DEVONICO
<b>ARENISCAS, LUTITAS, LIMOLITAS, PIZARRAS</b>
<b>ORDOVICICO-SILURICO-CARBONICO-CRETACICO</b> ARENISCAS, DEFCARCITAS, LUTITAS, LIMOLITAS, DIACITITAS, ARCILLITAS, CONGLOMERADOS
<b>ORDOVICICO-SILURICO-DEVONICO-CARBONICO</b> ARENISCAS, OTTOCARCITAS, LUTITAS, LIMOLITAS, DIACITITAS, CONGLOMERADOS.



ESCALA APROXIMADA 1:5.000.000

Elaborado en base al Mapa Publicado por Y.P.F.B. y GEOROL

(Reproduccion autorizada)

### C).- REGION LLANURA CHACO-BENIANA Y SERRANIAS CHIQUITANAS

<b>CUATERNARIO</b>	<b>CARBONICO</b>	<b>PRE-CAMBRIICO</b>
<b>Q</b> DEPÓSITOS ALUVIALES, FLUVIO-LACUSTRES, COLUVIALES, RESIDUALES, HORBAS, (GRASAS, ARENAS, LIMOS, ARCILLAS).	<b>DEVONICO</b> ARENISCAS Y LUTITAS	<b>P2a</b> ARENISCAS, OTTOCARCITAS, QUARCITAS, PIZARRAS Y LIMOLITAS.
<b>Qa</b> BALÑOS	<b>SILURICO</b> ARENISCAS, LUTITAS Y LIMOLITAS.	<b>TR</b> ESQUITOS, ESQUITOS Y LUTITAS.
<b>TERCIARIO CUATERNARIO</b>	<b>ORDOVICICO</b> ARENISCAS, OTTOCARCITAS, CONGLOMERADOS, LIMOLITAS Y LUTITAS.	<b>COMPLEJO BETAEMERICO</b>
<b>TQ</b> CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y ARCILLITAS.	<b>CAMBRIICO</b> CALIZAS, DOLOMITAS Y ARENISCAS	<b>GRASAS PLATONICAS ACIDAS (GRANITOS GRANITICOS Y ALCALINOS, PORFIRITAS CUARZO BENTONICAS, ARBORENTES YETAS DE CHASSI Y SICAS).</b>
<b>INTRODUCCION:</b> <b>TR</b> ARENISCAS, LUTITAS, ARCILLITAS Y CALIZAS		
<b>INTRODUCCION:</b> <b>TR</b> ARENISCAS CONGLOMERADAS, ARCILLITAS, CALIZAS Y MARGAS		
<b>INTRODUCCION:</b> <b>TR</b> ARENISCAS CONGLOMERADAS, ARCILLITAS, CALIZAS Y MARGAS		



DEPTO. GEOGRAFIA  
**RECURSOS**  
NATURALES

16.

y 1.9. )

#### **1.1.6.1. Bosque Húmedo SubTropical**

**Suelo.** Gran parte de esta formación está ocupada por pampas y superficies pantanosas. Los suelos de las pampas tienen material de origen formado principalmente por sedimentos viejos fluviales cuaternarios. En este ecosistema se encuentran suelos que varían desde bien drenados y arenosos, hasta muy escasamente drenados y arcillosos, existe en esa formación, bosques. Los suelos de bosque se diferencian de las pampas, aparte del tipo de vegetación, porque tienen un horizonte A más oscuro. Debido a que presenta un mayor enriquecimiento de arcilla en el horizonte B, está formado por sedimentos cuaternarios viejos y parte por sedimentos fluviales jóvenes.

**Vegetación.** La mayor parte del área mantiene su vegetación originaria. La ganadería extensiva de la zona se practica sobre pastizales de Pampas y Sabanas naturales. Dentro de esta gran unidad existen dos tipos de cubierta vegetal bien definidas que forman las Pampas o Sabanas y los bosques.

**Uso de la tierra.** Debido a la inaccesibilidad de la mayor parte de estas zonas, el uso de la tierra más generalizado es la ganadería extensiva, especialmente en las Sabanas



naturales de esta formación.

En esta zona falta estudios básicos en lo que se refiere a sue los, geomorfología, vegetación, etc. Se debería concentrar un mayor es fuerzo para efectuar los estudios científicos detallados de la capacidad de uso de la tierra. Es necesario ubicar los suelos más fértiles y me - nos inundables, que al parecer ocupan gran extensión y que ofrecen posi - bilidades verdaderamente importantes para una producción continuada de cosechas como arroz, yute, caña, cítricos, plátanos y forrajes de corte.

Para los suelos bien drenados pero infértiles, sería necesario determinar su área de ubicación y llevar a cabo inventarios forestales con objeto de instalar industrias forestales.

#### 1.1.6.2. Bosque Seco SubTropical ( bs - st )

Suelo. Los suelos son francos en los primeros horizontes de color pardo rojizo principalmente, con PH ligeramente ácido para hacerse neutro en los horizontes inferiores, presenta buen contenido de materia orgánica en los primeros horizontes, son suelos generalmente bien drenados con bajo contenido de calcio, magnesio y pota - sio.

Vegetación. Gran parte de esta zona de vida de bosque seco

subtropical, soporta una vegetación modificada por el hombre. Los pastizales de gramíneas cubren gran parte del área y los bosques con árboles de copas esparcidas y achatadas, se encuentran mayormente en las hondonadas más húmedas donde no llegan los incendios.

**Uso de la tierra.** En esta región existen grandes áreas de bosque vírgen. El mayor uso que el hombre está dando a estos suelos es el ganadero, donde se realiza pastoreo de tipo muy extensivo y en los mejores lugares, cultivos de subsistencia, como maíz, yuca, cítricos y algunas hortalizas. Debido a las afinidades subtropicales, el clima podría ser excelente para ciertas variedades de maíz híbrido, para la alimentación del ganado en la estación seca, podría cultivarse el sorgo y convertirse éste en heno, y para la industrialización para la producción de aceite, está la palmera indígena cusi ( *Ocotea Phalerata* ).

#### 1.1.6.3. Bosque Seco Templado ( bs - ST )

**Suelos.** Son suelos profundos de permeabilidad rápida, se los considera como suelos lixiviados, con una saturación de bases alta, su reacción varía de neutro a fuertemente alcalino. El contenido orgánico es considerado bajo, así como como contenido de los nutrientes mayores especialmente fósforos y potasio.

**Vegetación.** Tiene diferentes paisajes fisiográficos dominantes :

- a) Paisaje de terrazas altas, mesetas y serranías con bosque latifoliado decíduo, mixtos de dos estratos, con árboles dominantes que pasan los 20 m.
- b) Paisaje aluvial sujeto a la inundación, que soporta una cobertura de juncos, pastos.
- c) Paisaje tipo sabana, compuesto de pastos y matorrales, así como de "islas" de bosques aislados, con árboles donde predominan las palmeras en suelos arenosos.

**Uso de la tierra.** La actividad principal en esta zona es la ganadera, donde se practica el pastoreo extensivo en pastizales naturales. La agricultura se halla en su estado inicial, con cultivos industriales como algodón, soya.

Para poder desarrollar una agricultura de importancia para la economía del país, la falta de agua debe ser uno de los principales problemas a resolverse. Por lo tanto, la agricultura con caracteres industriales será marginal en esta zona de vida, excepto bajo riego.

#### 1.1.6.4. Bosque Húmedo Templado

**Suelos.** Los suelos son muy variados dependiendo de la posi -

ción fisiográfica que ocupan, varían desde livianos a pesados, profundos a moderadamente profundos, así como la permeabilidad o infiltración de moderadamente rápida a muy rápida, condiciones químicas diferentes que dependen del origen de los suelos.

**Vegetación.** La asociación climática de esta formación, en su estado original, es un bosque latifoliado mixto, con unas 26 especies por Hectárea, este bosque tiene una cantidad elevada de madera.

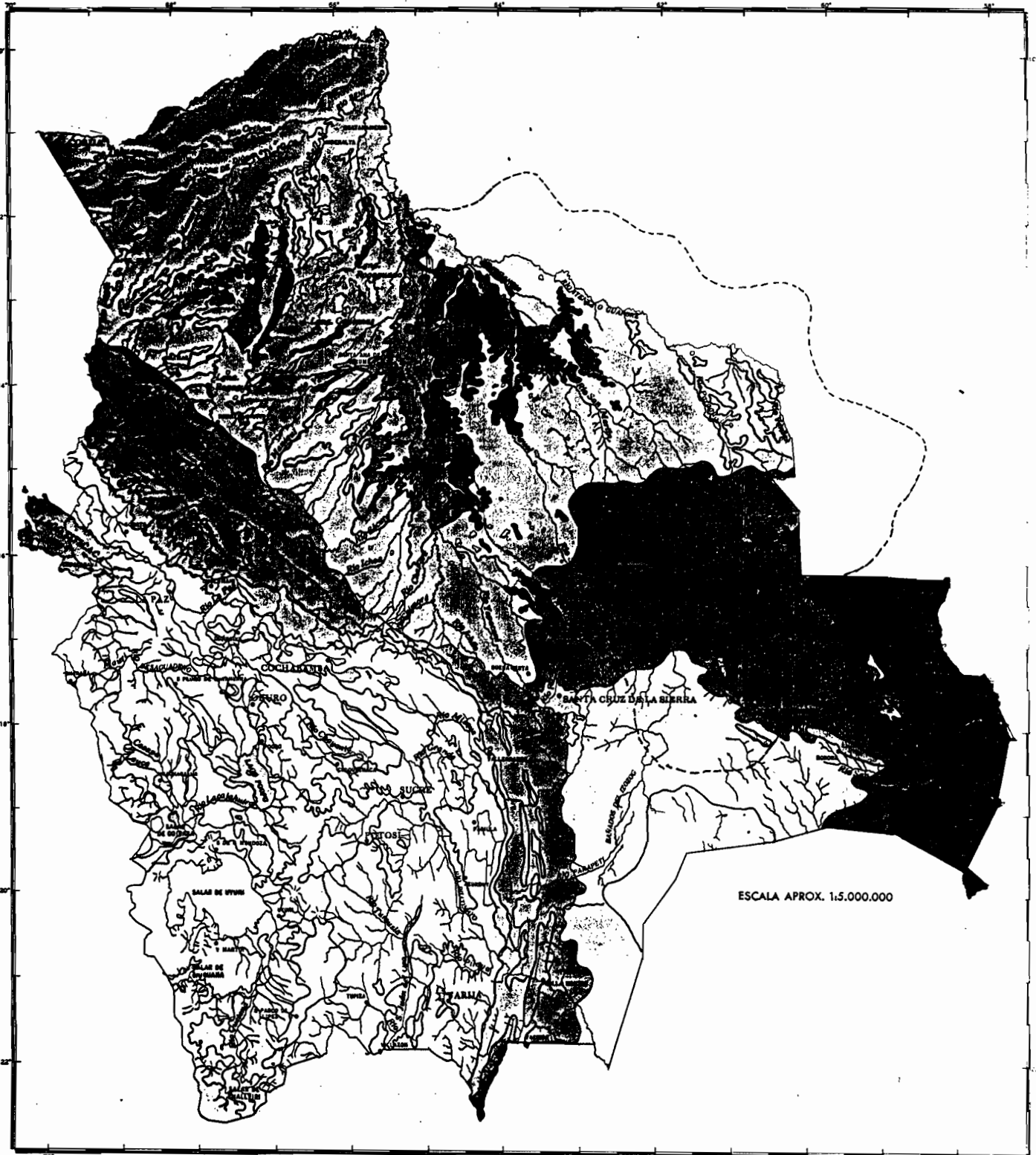
Las especies vegetales que se reconocen en esta zona son las siguientes : Palo Blanco, Cedro, Nogal y otras variedades.

**Uso de la tierra.** Los suelos de esta zona de vida están en su etapa inicial de uso. Se practica cultivos de caña de azúcar, algodón, tabaco, maíz y otros. Asimismo, la ganadería vacuna, tanto de leche como de carne, tiene sus áreas de explotación que cada día adquieren mayor importancia.

Desde el punto de vista climático, este sector oriental es excelente para propósitos agrícolas, característica a la que debe añadirse su topografía suavemente ondulada.







ESCALA APROX. 1:5.000.000

- |                              |                             |   |
|------------------------------|-----------------------------|---|
| Bosque pluvial tropical      | Bosque xerofítico montano   | Estepa arboreo-arbustiva semi seca                        |
| Bosque pluvial montano       | Bosque semidecídúo montano  | Pradera de alta montaña                                   |
| Bosque pluvial nublado       | Matorral del chaco          | Estepa puneña altiplano                                   |
| Bosque pluvial ribereño      | Matorral espinoso del chaco | Estepa altoandina sin mayor clasificación                 |
| Bosque estacional            | Sabana con palmeras         | Complejo del pantanal                                     |
| Bosque estacional montano    | Sabana arbolada             | Valles y regiones con agricultura y vegetación secundaria |
| Bosque montano de transición | Sabana con sinueta leñosa   |   |

Elaborado por Raúl Lara R. en base a imágenes del satélite Landsat - I.G.M. - 1983

EPTO. GEOGRAFIA  
RECURSOS  
NATURALES

Figura 1.10.

### 1.1.7. División de unidades Hidrológicas

La cuenca del río Itenez para el estudio del Balance hídrico superficial, se ha dividido en 7 subcuencas. Para una mejor evaluación del comportamiento hidrológico de cada unidad, se ha considerado para esta división, el curso de los ríos principales y puntos donde existe control fluviométrico. ( Gráfico 1.10 )

Subcuenca	Río	País	Area ( Km <sup>2</sup> )
Pontes e Lacerda	Itenez o Guapore	Brasil	5.765.0
Mato Grosso	Itenez o Guapore	Brasil-Bolivia	15.936.7
Pimenteiras	Itenez o Guapore	Brasil	29.852.0
Pedras Negras	Itenez o Guapore	Brasil-Bolivia	70.158.0
Itenez Bajo	Itenez o Guapore	Brasil-Bolivia	30.230.0
Baures *	Baures	Bolivia	70.858.4
Itonomas *	Itonomas	Bolivia	70.610.0

\* No existe control fluviométrico.



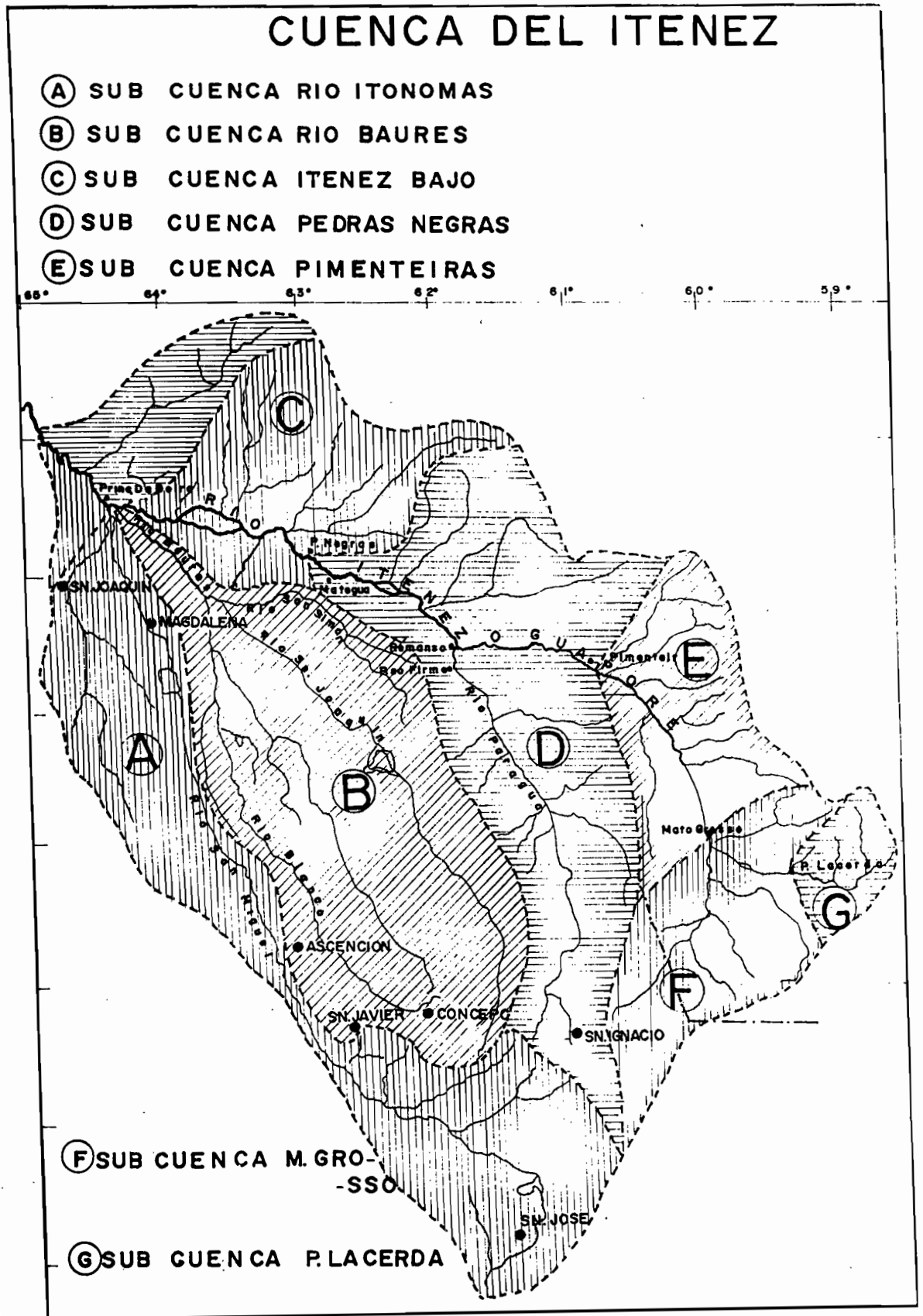


Figura 1.11.

## CAPITULO 2

### ESTUDIO DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL BALANCE HIDRICO

**2.1. Período considerado.** El período para el cálculo del balance hídrico superficial de la cuenca del río Itenez está directamente condicionado por : la superficie, la topografía y los parámetros hídricos que se deciden analizar para tipificar el fenómeno.

Para la elaboración del balance hídrico de América del Sur la UNESCO recomienda el intervalo de tiempo de 15 años. Para elegir el período 1968 a 1982 se ha elaborado un diagrama de barras para comprobar la disponibilidad de información simultánea en la cuenca de los parámetros que intervienen en la ecuación del balance hídrico ( precipitación, evaporatranspiración y escurrimiento ). ( Ver cuadro 2.2., y diagrama de barras ).

Se utilizará el año calendario en este estudio, en razón de que no será posible unificar el concepto de año hidrológico para el balance del continente. ( Proyecto UNESCO )



**2.2. Recopilación de Antecedentes Hidrometereológicos.** Para la elaboración del balance hídrico superficial, es necesario hacer un inventario de los parámetros que intervienen y su correspondiente recopilación. La entidad encargada de proporcionar esta información es el S.E.N.A.M.H.I. ( Servicio Nacional de Metereología e Hidrología ) que administra las estaciones hidrometereológicas del país. Los archivos disponibles tienen información de acuerdo al tipo de estación, así hay datos mensuales y anuales de precipitación, temperatura, humedad relativa, presión barométrica, evaporación, vientos.

La información de la República del Brasil ha sido proporcionada por la D.N.A.E.E. y D.C.R.H. del Ministerio de Minas y Energía de la República del Brasil.

La información, recopilada no siempre es totalmente satisfactoria, en virtud de una serie de circunstancias, tales como tipo de instrumentos, periodicidad con que es recabada la información y el cuidado que se preste para su procesamiento y publicación.

2.3. Ubicación de las Estaciones por Parámetros

a.

2-1 Cuadros Resumen de las Características de Precipitación

País : Bolivia		INVENTARIO DE ESTACIONES					PRECIPITACION	
Departamento : Santa Cruz								
Nº	Cuenca	Subcuenca	Código Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Período de Registro
1	Amazónica	Itenez	SO	Ascensión de Guarayos	15° 42'	63° 06'	245	1946-1984
2	"	"	SO	Concepción	16° 15'	62° 06'	497	1943-1984
3	"	"	P	Cabezas	18° 47'	63° 19'	470	1969-1984
4	"	"	P	Cotoca	17° 45'	62° 59'	359	1976-1984
5	"	"	CO	General Saavedra	17° 14'	63° 12'	320	1959-1984
6	"	"	TP	La Bélgica	17° 33'	63° 13'	348	1954-1979
7	"	"	P	La Victoria	17° 36'	63° 03'	344	1969-1984
8	"	"	TP	Puesto Fernández	17° 02'	63° 14'	230	1975-1984
9	"	"	SO	Puerto Suárez	19° 00'	57° 44'	135	1943-1984
10	"	"	P	Portachuelo	17° 21'	63° 24'	289	1975-1984
11	"	"	P	Puerto Pailas	17° 39'	62° 47'	280	1976-1984
12	"	"	SO	Roboré	18° 19'	59° 45'	265	1943-1984
13	"	"	CO	Santa Cruz	17° 45'	63° 10'	414	1943-1984
14	"	"	SO	San José	17° 50'	60° 45'	283	1943-1984
15	"	"	SO	San Ignacio de Velasco	16° 22'	60° 57'	413	1943-1984

Continua ...

b.

País : Bolivia			INVENTARIO DE ESTACIONES PRECIPITACION					
Departamento ; Santa Cruz								
Nº	Cuenca	Subcuenca	Código Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Período de Registro
16	"	"	SO	San Javier	16° 20'	62° 39'	534	1948-1984
17	"	"	CO	San Juan	16° 44'	62° 39'	305	1973-1984
18	"	"	P	Santa Rosa del Saara	17° 07'	63° 36'	255	1976-1984
19	"	"	P	San Miguel	15° 59'	60° 57'	422	1977-1984
20	"	"	P	Tres Cruces	17° 38'	62° 14'	279	1977-1984
21	"	"	P	Taruma	18° 05'	63° 26'	400	1971-1984
22	"	"	TP	Qkinawa 1	17° 13'	62° 53'	252	1966-1984
23	"	"	TP	Qkinawa 2	17° 25'	62° 54'	283	1971-1984
24	"	"	P	Quimone	16° 41'	61° 10'	260	1978-1982

País : Bolivia

INVENTARIO DE ESTACIONES : PRECIPITACION

Departamento : Beni

Nº	Cuenca	Subcuenca	Código Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Período de Registro
1	Amazónica	Itenez		Guayamerín	10° 51'	65° 25'	127	1943-1984
2	"	"		Magdalena	13° 20'	64° 09'	141	1942-1984
3	"	"		Riberalta	11° 01'	66° 05'	135	1944-1984
4	"	"		Trinidad	14° 51'	64° 57'	157	1943-1984
5	"	"		Santa Ana	13° 45'	65° 35'	144	1943-1984
6	"	"		San Ignacio de Moxos	14° 55'	65° 36'	160	1945-1984
7	"	"		San Joaquín	13° 03'	64° 49'	140	1943-1984
8	"	"		San Borja	14° 52'	66° 45'	193	1943-1984

País : Brasil			INVENTARIO DE ESTACIONES : PRECIPITACION					
Nº	Cuenca	Subcuenca	Código Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Perfodo de Registro
1	Amazonas	Itinez	P	Jarú	10° 25'	62° 28'		1978-1985
2	"	"	P	Jiparana	10° 53'	61° 57'		1975-1985
3	"	"	TP	Porto Velho	08° 46'	63° 55'	128	1960-1985
4	"	"	P	Seringal	11° 04'	64° 05'		1976-1985
5	"	"	P	Pontes e Lacerda	15° 12'	59° 20'		1975-1985
6	"	"	TP	Mato Grosso	15° 15'	59° 58'	257	1966-1985
7	"	"	P	Pedras Negras	13° 04'	62° 43'		1979-1985
8	"	"	P	Alto Jauru	15° 19'	58° 36'		1965-1972
9	"	"	P	Marco Rondon	11° 50'	60° 43'		
10	"	"	P	P. Espiridiao	15° 51'	58° 27'		1966-1972
11	"	"	TP	Caceres	16° 03'	57° 41'	118	1912-1972



2-2 Cuadros Resumen de las Características de Temperatura

País : Bolivia Departamento : Santa Cruz			INVENTARIO DE ESTACIONES : TEMPERATURA					
Nº	Cuenca	Subcuenca	Tipo Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Período de Registro
1	Amazónica	Itenez	SO	Ascensión De Guarayos	15° 42'	63° 06'	245	1970-1982
2	"	"	SO	Concepción	16° 15'	62° 06'	497	1943-1982
3	"	"	TP	Puesto Fernández	17° 02'	63° 14'	230	1981-1986
4	"	"	SO	Puerto Suárez	19° 00'	57° 44'	135	1943-1982
5	"	"	SO	Roboré	18° 19'	59° 45'	265	1943-1983
6	"	"	CO	Santa Cruz	17° 45'	63° 10'	414	1943-1982
7	"	"	SO	San José	17° 50'	60° 45'	283	1943-1983
8	"	"	SO	San Ignacio de Velasco	16° 22'	60° 57'	413	1943-1983
9	"	"	SO	San Javier	16° 20'	62° 39'	534	1950-1983
10	"	"	CO	San Julián	16° 44'	62° 39'	305	1973-1983
11	"	"	TP	San Rafael	16° 34'	60° 40'	320	-
12	"	"	CO	General Saavedra	17° 14'	63° 12'	252	1952-1982
13	"	"	TP	Qkinawa I	17° 13'	62° 53'	283	1968-1974
14	"	"	TP	Qkinawa II	17° 25'	62° 54'	400	1952-1982

País : Bolivia Departamento : Beni			INVENTARIO DE ESTACIONES : TEMPERATURA					
Nº	Cuenca	Subcuenca	Código Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Período de Registro
1	Amazonas	Itenez		Guayaramerín	10° 51'	65° 25'	127	1943-1984
2	"	"		Magdalena	13° 20'	64° 09'	141	1942-1984
3	"	"		Riberálta	11° 01'	66° 05'	135	1944-1984
4	"	"		Trinidad	14° 51'	64° 57'	157	1943-1984
5	"	"		Santa Ana	13° 45'	65° 35'	144	1943-1984
6	"	"		San Ignacio de Moxos	14° 55'	65° 36'	160	1945-1984
7	"	"		San Joaquín	13° 03'	64° 49'	140	1943-1984
8	"	"		San Borja	14° 52'	66° 45'	193	1943-1984

Pafs : Brasil

INVENTARIO DE ESTACIONES : TEMPERATURA

Nº	Cuenca	Subcuenca	Código Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Perfodo de Registro
1	Amazonas	Itenez	TP	Mato Grosso	15° 15'	59° 58'	257	1966-1985
2	"	"	TP	Cáceres	16° 03'	57° 41'	118	1912-1972
3	"	"	TP	Porto Velho	8° 46'	63° 55'	128	1960-1985
4	"	"	T	Utiariti	13° 02'	58° 14'	386	-
5	"	"	T	Vilhena	12° 43'	60° 33'	621	-

## 2-3 Cuadros de Resumen de las Características de Fluvimetría

País : Brasil			INVENTARIO DE ESTACIONES : FLUVIOMETRIA					
Nº	Cuenca	Subcuenca	Tipo Estación	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Período de Registro
1	Amazonas	Itenez	Pr FD x	Guajará - Mirim	10 <sup>o</sup> 48'	65 <sup>o</sup> 23'	-	71-83
2	"	"	Pr FD	Mato Grosso	15 <sup>o</sup> 01'	59 <sup>o</sup> 57'	-	76-83
3	"	"	Pr FD	Pontes e Lacerda	15 <sup>o</sup> 12'	59 <sup>o</sup> 20'	-	72-83
4	"	"	FD	Pimenteiras	13 <sup>o</sup> 30'	61 <sup>o</sup> 07'	-	83-85
5	"	"	FD x	Pedras Negras	13 <sup>o</sup> 04'	62 <sup>o</sup> 35'	-	81-83
6	"	"	FD	Prncipe Da Beira	12 <sup>o</sup> 21'	64 <sup>o</sup> 25'	-	83-86

Pr FD = Pluviográfica - Fluviométrica con medidor de descarga

FD = Fluviométrica con medidor de descarga

## **2.4. Precipitación**

### **2.4.1. Definición**

Precipitación es el término utilizado para designar la caída de agua meteórica sobre la tierra, tanto en estado sólido como líquido. No comprende al rocío ni a las gotitas de agua que la niebla pueda depositar sobre los árboles.

### **2.4.2. Evaluación de la Precipitación**

La evaluación requiere estudiar y analizar los siguientes puntos :

- Errores en su medida
- Consistencia y ajuste de las estadísticas
- Ampliación de los registros
- Evaluación de la precipitación espacial.

### **2.4.3. Errores en su medida**

La precipitación no se puede estimar con un alto grado de exactitud, ya que su evaluación está afectada por dos tipos de errores :

- a) Hay muy pocos sitios donde la condición de representatividad sea satisfecha

- error en la medida puntual
- b) La medida de una lluvia no se puede repetir si se tiene dudas acerca de su precisión
  - c) La muestra tomada en el pluviómetro es extremadamente pequeña en relación al conjunto de las precipitaciones que pretende representar
- Error en la evaluación espacial
- a) Densidad de la red
  - b) Calidad de los instrumentos
  - c) Instalaciones y observaciones

#### **2.4.4. Consistencia y Ajuste de las Estadísticas**

La serie de datos del período considerado es necesario que sean consistentes para su evaluación en el estudio, es decir que la estadística de la estación meteorológica durante dicho período haya sido observada de la misma forma, con el mismo criterio y que su instalación no haya sufrido variaciones de ningún tipo.

Para esta verificación se recomienda el método de las curvas doble acumuladas. La aplicación del método se ilustra con un ejemplo ( Anexo 1 )

Esta teoría se basa en la comparación de la precipitación acumulada de una estación, con los valores acumulados del promedio de precipitación de varias estaciones básicas, y se efectúa representando ambas cantidades en unos ejes coordinados como abscisas y ordenadas. Para la aplicación del método se debe tener en cuenta los siguientes criterios :

- La región debe tener un régimen pluviométrico semejante
- La media de las estaciones del grupo debe ser similar
- Las estaciones deben estar relativamente próximas y altura s.n.n.m. similar
- La serie por lo menos tiene que tener un mínimo de 10 años

Para aplicar el método, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones de orden práctico.

- El cambio de pendiente debe estar bien definido y determinado, al menos, por un período de 5 años consecutivos, ya que generalmente los puntos presentan ondulaciones respecto a la tendencia media
- Cuando a una estadística larga le faltan algunos valores intermedios, con el fin de no desecharla y aplicarle este método, se sugiere rellenarla.

- En zonas montañosas este método puede utilizarse con cautela, por la gran influencia que ejerce el efecto orográfico.

#### **2.4.5. Ampliación y Relleno de Estadísticas Pluviométricas**

El contar con el máximo número de registros pluviométricos del período 1968-1982 es vital para la evaluación de la precipitación espacial.

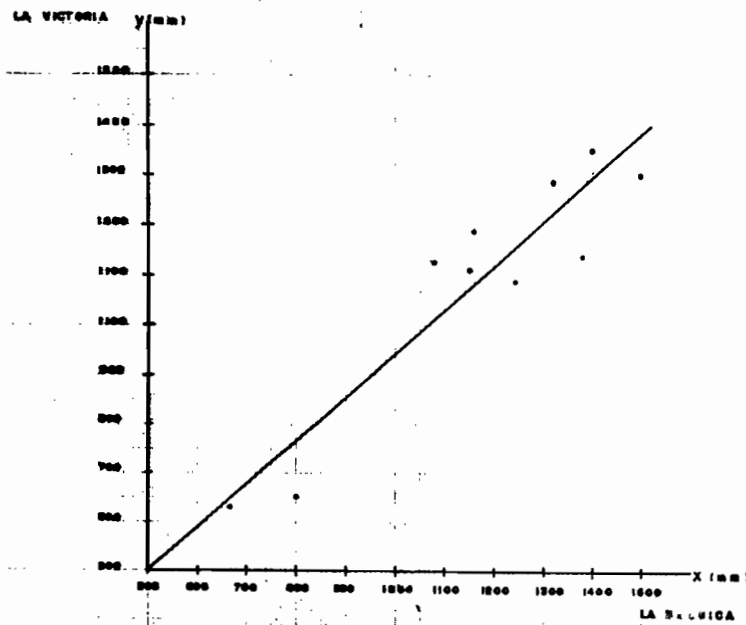
Los registros de información pluviométrica del SENAMHI, D.N.A.E.E. y D.C.R.H., presentan registros incompletos tanto a nivel mensual y anual. El método que se recomienda para estimar valores anuales y mensuales es el de Correlación Lineal entre las precipitaciones que tengan afinidad climatológica, ya que la desviación típica y el coeficiente de correlación será función principalmente de esta afinidad, pudiendo ser en muchos casos aceptables coeficientes de correlación del orden de

$$r = 0.7$$

La manera práctica de emplear el método es graficar la nube de puntos en los ejes coordenados X, Y de dos estaciones,, pues estos valores ploteados permiten visualizar el grado de dispersión de la nube de puntos, a la vez permite detectar algún dato erróneo para su posterior verificación en los registros originales. ( Ver gráfico 2.1. a )



GRAFICO DE CORRELACION LINEAL



Coefficiente de correlacion  $r = 0.93$

Ecuación  $Y = 0.877X + 64.270$

Año	La Bélgica x	La Victoria Y
1968	1.170.4	1.091.6 *
1969	1.237.3	10.88.0
1970	789.7	645.6
1971	664.0	632.5
1972	1.505.5	1.302.0
1973	1.148.9	1.115.0
1974	1.391.0	1.291.5
1975	1.319.9	1.288.0
1976	1.159.8	1.199.5
1977	1.398.7	1.354.5
1978	1.386.4	1.141.3
1979	1.080.5	1.132.1

\* Dato rellenado a nivel anual

#### **2.4.6. Evaluación de la Precipitación Media de la Cuenca**

La precipitación media anual en la cuenca en estudio, se evalúa por los siguientes métodos : el del promedio aritmético, el de Thiessen y de las Isoyetas, que viene a ser un promedio aritmético ponderado.

El método de Thiessen permite determinar la precipitación media de una cuenca cualquiera, tanto para cada año o para un período cualquiera de años, porque se utiliza las mismas áreas para cada punto, y lo único que varía son las precipitaciones medias de cada año, por este motivo es más práctico; pero no permite visualizar la variación de la precipitación en la zona. En cambio el método de las Isoyetas que consiste en el trazado de curvas de igual precipitación, da una imagen objetiva de la distribución de la precipitación en la zona. Además, junto con el trazado del mapa de Isotermas, permite determinar el valor y ubicación de la evapotranspiración real en cualquier punto de la zona. También permite evaluar la precipitación caída en una cuenca y compararla con la escorrentía registrada a su salida.

En el estudio se han aplicado estos dos métodos para establecer una diferencia en la evaluación de la precipitación media de la cuenca, siendo ésta de un ( 2.8 % ).

El trazado de las Isoyetas ha tenido ciertas dificultades porque

es una cuenca de gran extensión (  $303.284.2 \text{ Km}^2$  ), representando una 1/4 parte del área de Bolivia, con una densidad baja de estaciones, una distribución no uniforme, y estaciones recientes en la parte correspondiente del Brasil, razón por la que se ha tomado el promedio de estas últimas, sin realizar la ampliación a los 15 años. Además, se ha comprobado, que el efecto orográfico tiene influencia en la distribución de la precipitación, pues las Isoyetas tienen la misma orientación que las Serranías de la zona.

Como una ayuda para obtener una precipitación puntual en lugares en donde se carece de información, se hace uso del perfil pluviométrico que es una curva de la precipitación en función de la altitud, este perfil se ha graficado para la zona de Llanura, y se ha comprobado que es una relación lineal.

Para la zona de las serranías de la cuenca se ha utilizado el Atlas Climatológico del Brasil que trae un mapa de Isoyetas en la zona correspondiente.

La baja densidad de estaciones en la cuenca, en muchos casos ha imposibilitado correlacionar estaciones vecinas. Al no contar con los registros completos del período considerado, se adoptó el valor medio existente de estaciones con un récord de más de 30 años, anteriores al período considerado .

Valores medios de ( 6 - 8 ) años de estaciones del Brasil han sido tomados en cuenta sólo como referencia, con la alternativa de ser eliminadas, luego de una comparación con estaciones pluviométricas de características similares.

**Cuadro 2-4 de Estaciones Auxiliares de Precipitación**

Estación	Lat s	Long w	Alt	P̄ (m m)	Cantid. años	País
Quimone	16°41'	61°10'	260	1.042.3	6	Bolivia
Tres Cruces	17°38'	62°14'	279	1.108.9	6	Bolivia
Yacuses				1.200		Bolivia
Alto Jauru	15°19'	58°36'	-	1.245.3	8	Brasil
Vilhena	12°44'	60°08'	621	2.068	20	Brasil
Utiariti	13°02'	58°14'	386	2.118.8	15	Brasil
Caceres	16°03'	57°41'	118	1.256.0	49	Brasil
Vista Alegre	11°25'	61°27'	-	1.865.8	7	Brasil
Marco Rondon	11°50'	60°43'	-	1.955.1	7	Brasil

#### 2.4.6.1. Trazado de Isoyetas

El trazado de Isoyetas para los valores de precipitación media anual del período considerado están ploteados en el mapa físico de la cuenca estudiadas. Las isolíneas correspondientes han sido trazadas cada

100 m m por recomendaciones de la " Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur ".

El mapa de Isoyetas permite el cálculo de la precipitación media de la cuenca y de las subcuencas y los cálculos correspondientes se presentan en los cuadros ( 2.1., 2.2., 2.3. ) que corresponden a las subcuencas individualmente.

### **2.3.7. Presentación de Resultados**

Concluido el análisis de consistencia y relleno de estadísticas por el método de C.D.A. ( Curva Doble Acumulada ) se presentan los gráficos y cuadros resumen para el período de 15 años. En general, los valores de la precipitación media anual no han sido modificados, en aquellas estaciones donde se ha presentado quiebres, se ha verificado previamente con otras estaciones vecinas para tener certeza de inconsistencia de las mismas.

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. PORTACHUELO  
 E2. SANTA CRUZ  
 E3. COTOCA  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	PPE	AE1	AE2	AE3	PPA
1982	2054.8	2037.9	1516.5	1869.7	2054.8	2037.9	1516.5	1869.7
1981	2064.0	2120.3	1987.2	2057.2	4118.8	4158.2	3503.7	3926.9
1980	1512.0	1333.9	1122.1	1322.7	5630.8	5492.1	4625.8	5249.6
1979	1399.0	1156.3	1010.4	1188.6	7029.8	6648.4	5636.2	6438.1
1978	1677.3	1207.3	953.4	1279.3	8707.1	7855.7	6589.6	7717.5
1977	1080.0	1425.3	1322.4	1275.9	9787.1	9281.0	7912.0	8993.4
1976	1215.2	1150.3	870.0	1078.5	11002.3	10431.3	8782.0	10071.9
1975	1392.0	1303.3	1020.0	1238.4	12394.3	11734.6	9802.0	11310.3
1974	1440.0	1351.6	1066.8	1286.1	13834.3	13086.2	10868.8	12596.4
1973	1284.0	849.9	574.8	902.9	15118.3	13936.1	11443.6	13499.3
1972	1524.0	1073.3	794.4	1130.6	16642.3	15009.4	12238.0	14629.9
1971	960.0	848.0	572.4	793.5	17602.3	15857.4	12810.4	15423.4
1970	1044.0	711.0	442.8	732.6	18646.3	16568.4	13253.2	16156.0
1969	1344.0	1106.4	826.8	1092.4	19990.3	17674.8	14080.0	17248.4
1968	1296.0	938.9	662.4	965.8	21286.3	18613.7	14742.4	18214.1

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 . 1982

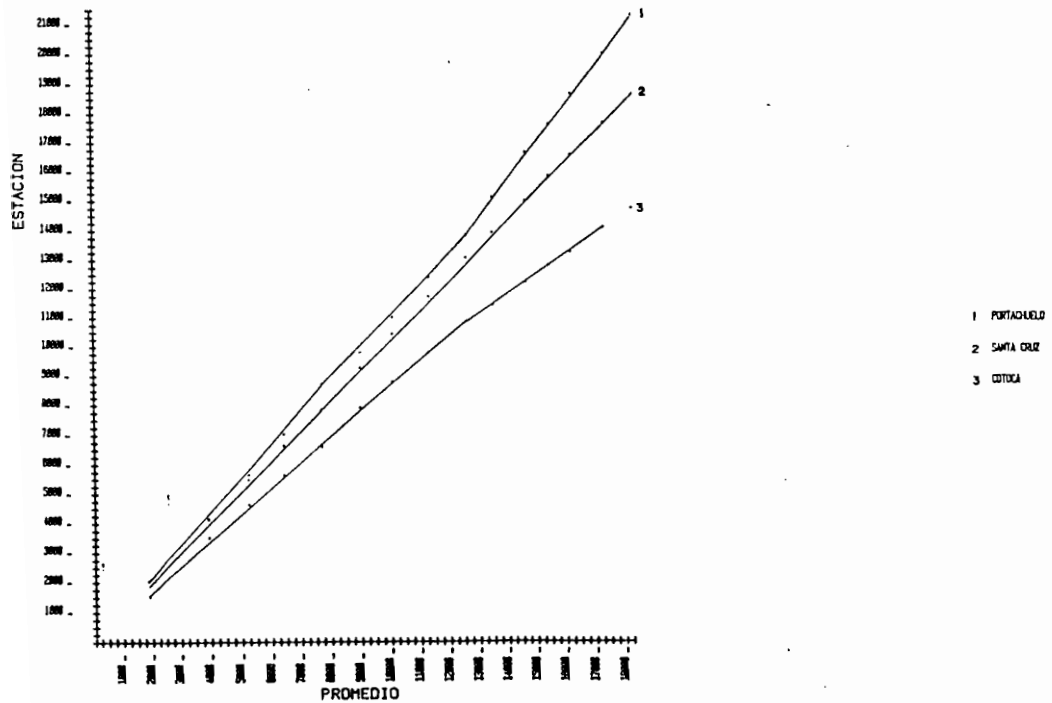


Figura 2.1.

## CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. S. ROSA DEL SARA  
 E2. GRAL. SAAVEDRA  
 E3. PSTO. FERNANDEZ  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	PPE	AE1	AE2	AE3	PPA
1982	1979.4	1872.0	1823.5	1891.6	1979.4	1872.0	1823.5	1891.6
1981	2622.8	2062.5	1893.1	2192.8	4602.2	3934.5	3716.6	4084.4
1980	1698.3	1660.9	1497.2	1685.5	6500.5	5595.4	5213.8	5789.9
1979	1297.6	1385.9	1414.1	1365.9	7798.1	6981.3	6627.9	7135.8
1978	1759.8	1333.9	1358.3	1484.0	9557.9	8315.2	7986.2	8619.8
1977	2012.3	1333.3	1293.3	1546.3	11570.2	9648.5	9279.5	10166.1
1976	1226.9	1212.9	842.3	1094.0	12797.1	10861.4	10121.8	11260.1
1975	1263.0	1088.0	891.6	1080.9	14060.1	11949.4	11013.4	12341.0
1974	1560.0	1321.7	1174.8	1352.2	15620.1	13271.1	12188.2	13693.1
1973	1428.0	1230.7	1064.4	1241.0	17048.1	14501.8	13252.6	14934.2
1972	1560.0	1322.4	1174.8	1352.4	18608.1	15824.2	14427.4	16286.6
1971	729.6	711.2	435.6	625.5	19337.7	16535.4	14863.0	16912.0
1970	608.4	622.1	327.6	519.4	19946.1	17157.5	15190.6	17431.4
1969	1012.8	916.0	666.4	872.6	20956.9	18075.8	15877.0	18303.9
1968	1212.0	1071.8	871.2	1051.6	22170.9	19147.4	16748.2	19355.5

## \*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 . 1982

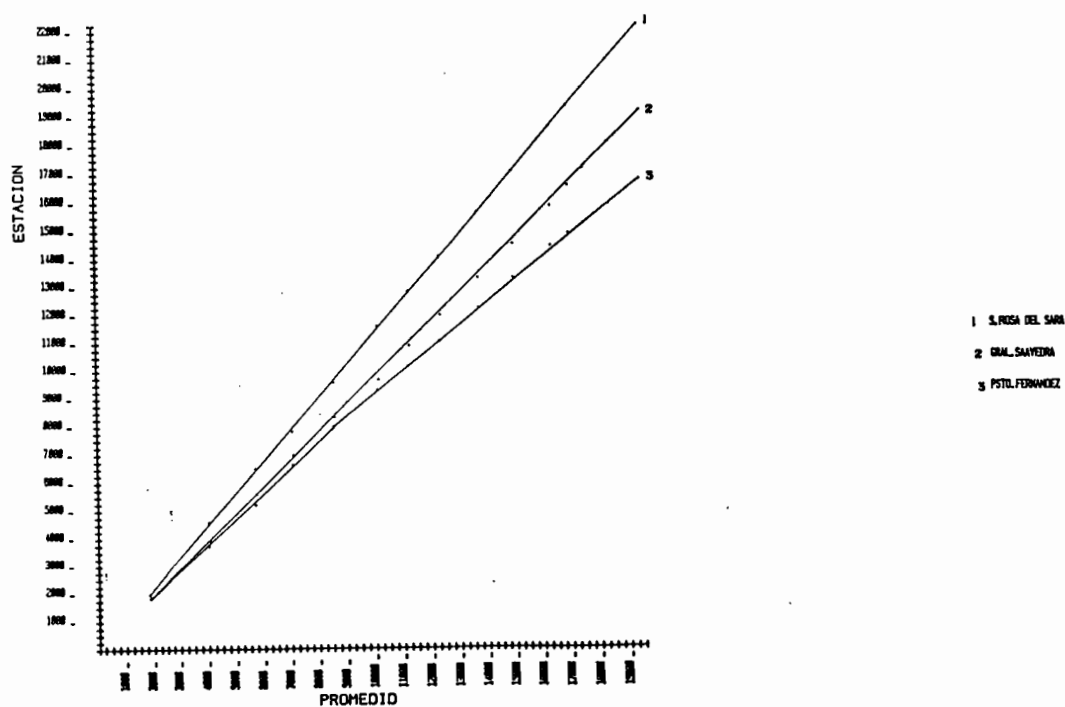


Figura 2.2.

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. OKINAWA1  
 E2. OKINAWA2  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	PPE	AE1	AE2	PPA
1982	1727.9	2004.0	1865.9	1727.9	2004.0	1865.9
1981	2196.7	2616.0	2406.3	3924.6	4620.0	4272.3
1980	1651.2	1610.9	1631.0	5575.8	6230.9	5903.3
1979	1134.8	1231.8	1183.3	6710.6	7462.7	7086.6
1978	1448.7	1649.4	1549.0	8159.3	9112.1	8635.7
1977	1397.9	1078.9	1238.4	9557.2	10191.0	9874.1
1976	1073.9	1172.2	1123.0	10631.1	11363.2	10997.1
1975	1147.9	1130.4	1139.1	11779.0	12493.6	12136.3
1974	932.8	1262.9	1097.8	12711.8	13756.5	13234.1
1973	812.0	838.9	825.5	13523.8	14595.4	14059.6
1972	629.7	1295.0	1062.3	14353.5	15890.4	15121.9
1971	720.0	678.0	699.0	15073.5	16568.4	15820.9
1970	927.3	946.8	937.1	16000.8	17515.2	16758.0
1969	727.1	650.8	705.0	16728.0	18198.0	17463.0
1968	736.1	696.0	716.1	17464.1	18894.0	18179.0

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 , 1982

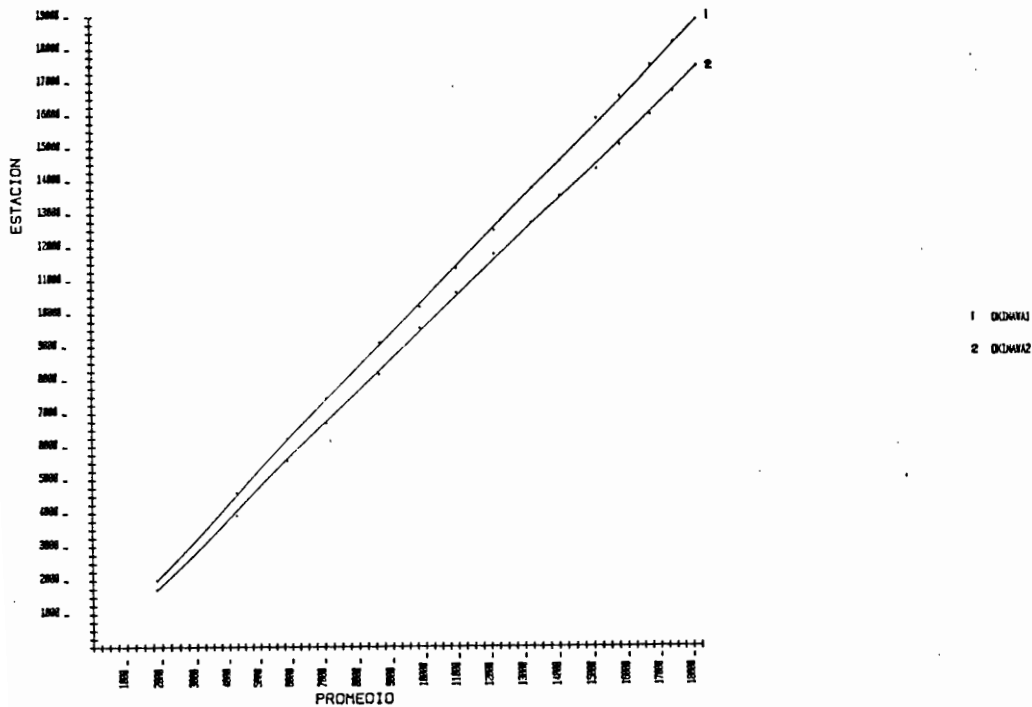


Figura 2.3.



CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. LA BELGICA  
E2. LA VICTORIA  
PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	PPE	AE1	AE2	PPA
1982	2232.0	2028.0	2130.0	2232.0	2028.0	2130.0
1981	2316.0	2100.0	2208.0	4548.0	4128.0	4338.0
1980	1500.0	1380.0	1440.0	6048.0	5508.0	5778.0
1979	1080.5	1132.1	1106.3	7128.5	6640.1	6884.3
1978	1386.4	1141.3	1263.8	8514.9	7781.4	8148.1
1977	1398.7	1354.5	1376.6	9913.6	9135.9	9524.8
1976	1159.8	1199.5	1179.6	11073.4	10335.4	10704.4
1975	1319.9	1288.0	1303.9	12393.3	11623.4	12008.3
1974	1391.0	1291.5	1341.2	13784.3	12914.9	13349.6
1973	1148.9	1115.0	1131.9	14933.2	14029.9	14481.5
1972	1505.5	1312.0	1408.7	16438.7	15341.9	15890.3
1971	664.0	632.5	648.3	17102.7	15974.4	16538.5
1970	787.9	645.6	716.8	17890.6	16620.0	17255.3
1969	1237.3	1088.0	1162.6	19127.9	17708.0	18417.9
1968	1170.4	1072.0	1131.2	20298.3	18800.0	19549.1

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 . 1982

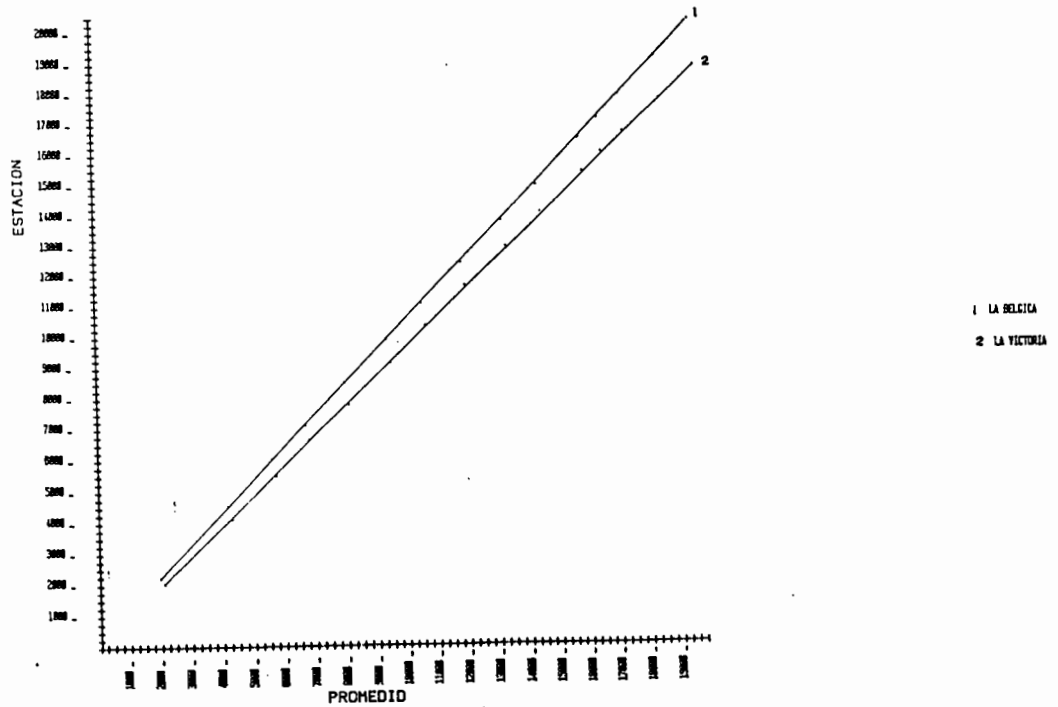


Figura 2.4.

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. SAN MIGUEL  
 E2. CONCEPCION  
 E3. SAN IG. VELASCO  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	PPE	AE1	AE2	AE3	PPA
1962	1762.6	1567.9	1687.2	1672.6	1762.6	1567.9	1687.2	1672.6
1961	1199.0	1463.8	1221.0	1294.6	2961.6	3031.7	2908.2	2967.2
1960	1366.1	1229.1	1371.2	1328.8	4347.7	4260.8	4279.4	4296.0
1979	1314.8	1177.6	1253.0	1246.5	5662.5	5438.4	5532.4	5544.4
1978	989.4	1191.0	1431.0	1203.8	6651.9	6629.4	6963.4	6748.2
1977	1403.4	1110.5	1440.1	1319.0	8055.3	7739.9	8403.5	8066.2
1976	1047.6	1065.1	1064.1	1058.9	9102.9	8805.0	9467.6	9125.2
1975	1236.0	1003.8	1240.6	1160.1	10338.9	9808.8	10708.2	10285.3
1974	1632.0	1505.7	1589.2	1575.6	11970.9	11314.5	12297.4	11860.9
1973	1046.8	965.3	1064.6	1032.9	13019.7	12299.8	13362.0	12893.8
1972	1116.0	847.1	1128.1	1030.4	14135.7	13146.9	14490.1	13924.2
1971	684.0	869.6	734.0	762.5	14819.7	14016.5	15224.1	14686.8
1970	1020.0	1087.8	1043.2	1050.3	15839.7	15104.3	16267.3	15737.1
1969	604.0	954.6	843.7	867.4	16643.7	16058.9	17111.0	16604.5
1968	1752.0	1165.3	1690.4	1535.9	18395.7	17214.2	18801.4	18140.4

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 . 1982

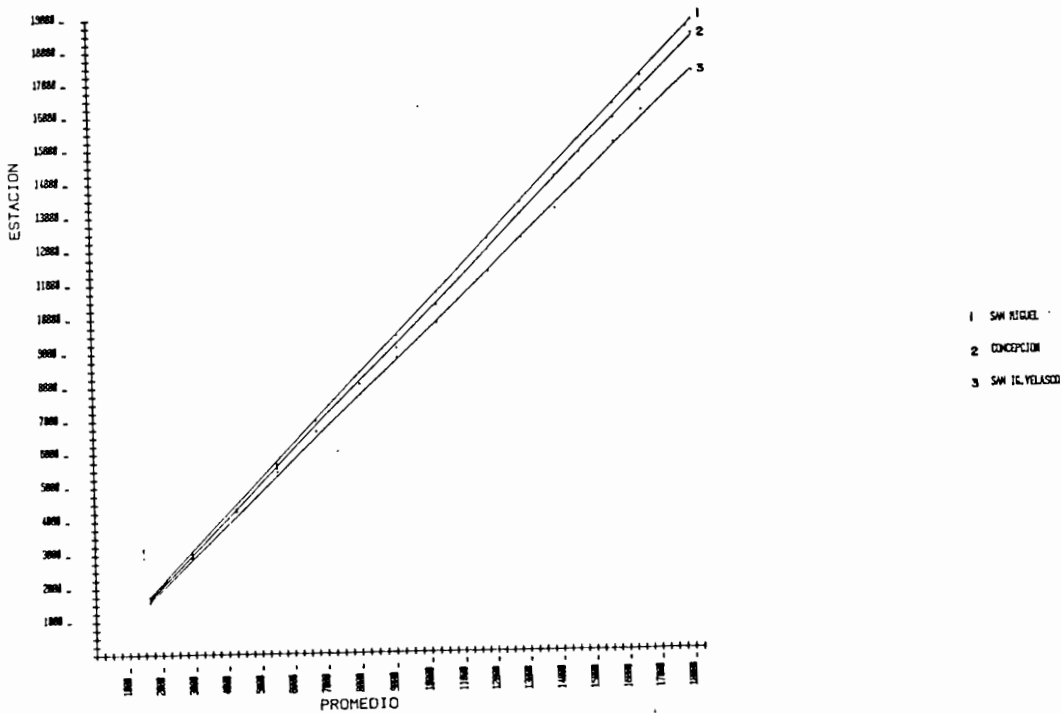


Figura 2.5.

## CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. SAN JOSE  
 E2. TRES CRUCES  
 E3. QUIMONE  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	PPE	AE1	AE2	AE3	PPA
1982	1706.9	1151.3	763.4	1207.2	1706.9	1151.3	763.4	1207.2
1981	1572.9	1252.5	1387.9	1404.4	3279.8	2403.8	2151.3	2611.6
1980	986.5	1286.5	933.3	1068.8	4266.3	3690.3	3084.6	3680.4
1979	1411.4	937.1	1059.6	1136.0	5677.7	4627.4	4144.2	4816.4
1978	651.0	977.2	1067.4	898.5	6328.7	5604.6	5211.6	5715.0
1977	987.0	991.2	828.0	935.4	7315.7	6595.8	6039.6	6650.4
1976	776.0	823.2	662.4	753.9	8091.7	7419.0	6702.0	7404.2
1975	908.9	861.6	765.6	845.4	9000.6	8280.6	7467.6	8249.6
1974	1070.9	752.4	892.8	905.4	10071.5	9033.0	8360.4	9155.0
1973	727.9	687.6	624.0	679.8	10799.4	9720.6	8984.4	9834.8
1972	798.2	696.0	679.2	724.5	11597.6	10416.6	9663.6	10559.3
1971	919.3	638.4	774.0	777.2	12516.9	11055.0	10437.6	11336.5
1970	673.3	746.4	582.0	667.2	13190.2	11801.4	11019.6	12003.7
1969	1025.0	643.2	856.8	841.7	14215.2	12444.6	11876.4	12845.4
1968	1068.2	648.0	890.4	868.9	15283.4	13092.6	12766.8	13714.3

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 . 1982

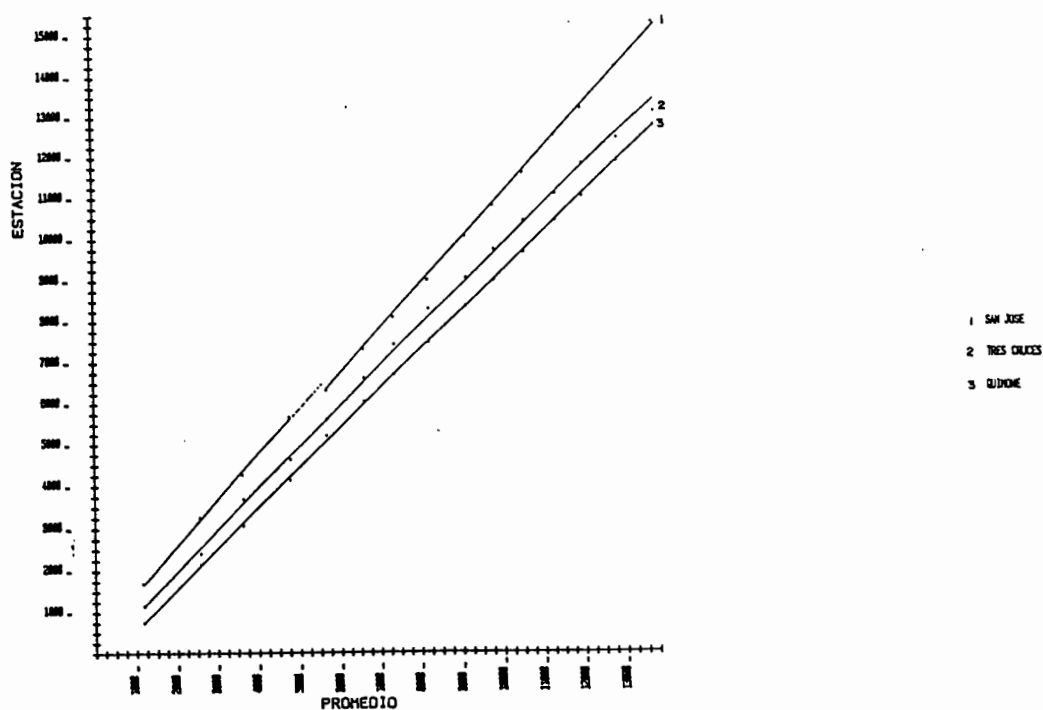


Figura 2.6.

52.

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. PUERTO SUAREZ

E2. ROBORE

PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	PPE	AE1	AE2	PPA
1982	1443.3	1491.8	1467.5	1443.3	1491.8	1467.5
1981	1172.3	1050.6	1111.4	2615.6	2542.4	2579.0
1980	1187.1	894.9	1041.0	3802.7	3437.3	3620.0
1979	1372.8	2029.1	1700.9	5175.5	5466.4	5320.9
1978	1261.9	1138.2	1200.0	6437.4	6604.6	6521.0
1977	1196.7	1147.1	1171.9	7634.1	7751.7	7692.9
1976	1214.5	1089.7	1152.1	8846.6	8841.4	8845.0
1975	1111.5	1092.4	1101.9	9960.1	9933.8	9947.0
1974	1196.0	1272.5	1234.2	11156.1	11206.3	11181.2
1973	856.2	914.4	885.3	12012.3	12120.7	12066.5
1972	1044.6	1336.1	1190.3	13056.9	13456.8	13256.8
1971	778.7	961.5	870.1	13835.6	14418.3	14126.9
1970	1008.0	824.2	916.1	14843.6	15242.5	15043.0
1969	830.5	1029.8	930.2	15674.1	16272.3	15973.2
1968	689.2	935.1	912.2	16563.3	17207.4	16885.3

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

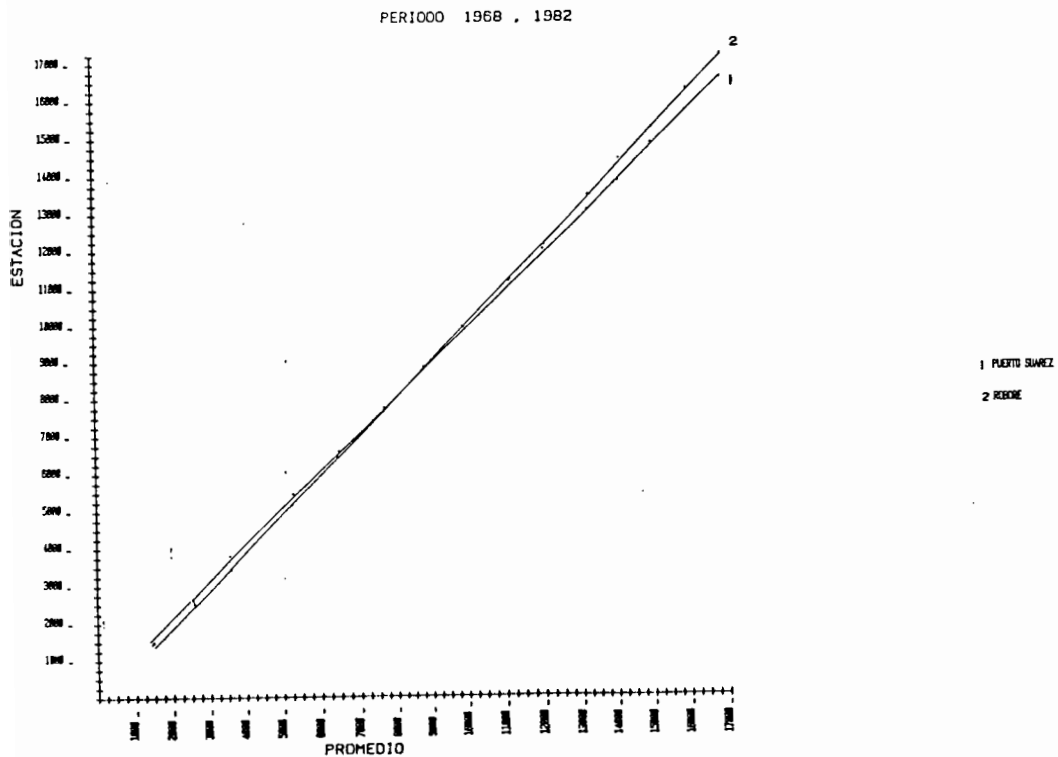


Figura 2.7.

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. SAN BORJA  
E2. RIBERALTA  
PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	PPE	AE1	AE2	PPA
1982	2053.0	2009.5	2031.3	2053.0	2009.5	2031.3
1981	3907.2	2429.0	3168.1	5960.2	4438.5	5199.3
1980	2912.4	2132.7	2522.5	8872.6	6571.2	7721.9
1979	1712.4	2536.1	2124.2	10585.0	9107.3	9846.2
1978	2255.3	2107.8	2181.5	12840.3	11215.1	12027.7
1977	1703.9	1615.0	1659.4	14544.2	12830.1	13687.1
1976	1946.3	1758.9	1852.6	16490.5	14589.0	15539.7
1975	2392.6	2055.2	2223.9	18883.1	16644.2	17763.6
1974	1683.4	1838.9	1761.1	20566.5	18483.1	19524.9
1973	2482.7	2544.6	2513.6	23049.2	21027.7	22038.4
1972	1673.0	1762.1	1717.5	24722.2	22789.8	23756.0
1971	1737.0	1492.5	1614.7	26459.2	24282.3	25370.7
1970	1430.2	1580.1	1505.1	27889.4	25862.4	26875.9
1969	1397.8	1219.9	1308.6	29287.2	27082.3	28184.7
1968	1515.6	1591.9	1553.7	30802.8	28674.2	29736.5

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

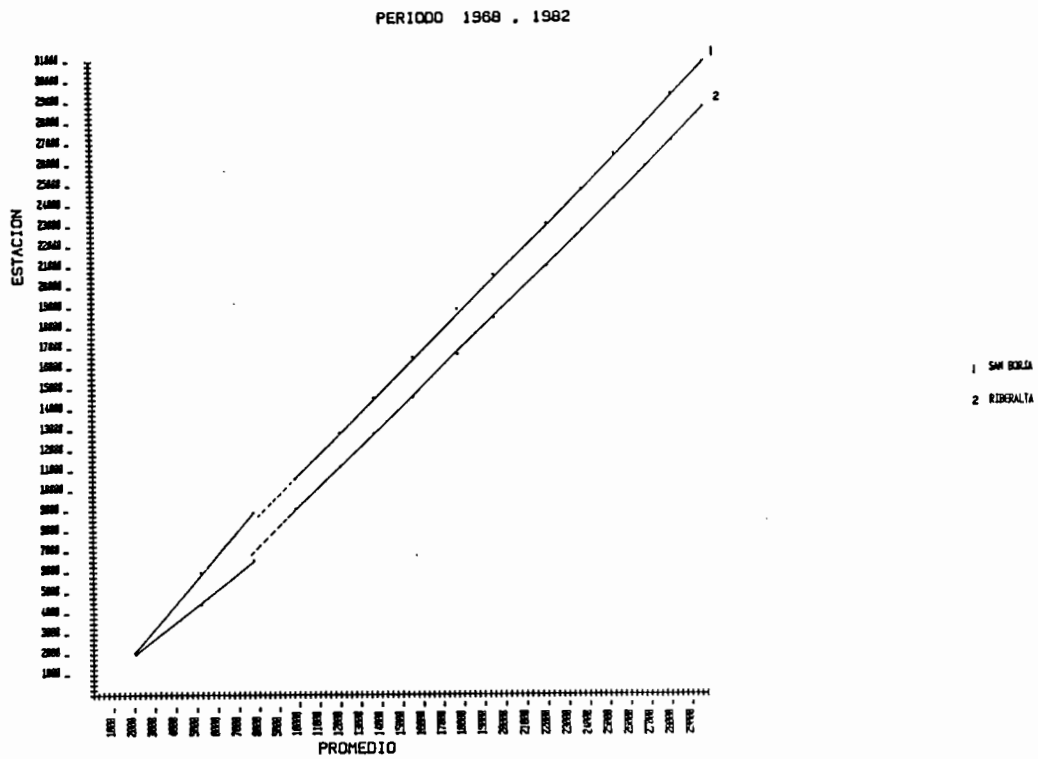


Figura 2.8.

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

54.

E1. SAN I. DE MOXOS  
 E2. TRINIDAD  
 E3. SANTA ANA  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	PPE	AE1	AE2	AE3	PPA
1982	2983.3	2325.9	2055.0	2454.7	2983.3	2325.9	2055.0	2454.7
1981	2577.5	2021.0	2215.9	2291.5	5560.8	4406.9	4270.9	4746.2
1980	2291.9	2120.0	1407.9	1539.9	7852.7	6526.9	5678.8	6686.1
1979	1481.9	1438.1	1321.2	1413.7	9334.6	7965.0	7000.0	6099.9
1978	2034.6	1724.9	1490.6	1750.0	11369.2	9689.9	8490.6	9849.9
1977	2132.0	1626.7	1832.4	1683.6	13501.2	11376.2	10323.0	11733.5
1976	1936.8	1669.9	1876.7	1894.5	15438.0	13246.1	12199.7	13627.9
1975	2511.0	2653.9	1347.9	1970.9	17949.0	15300.0	13547.6	15598.9
1974	1760.1	1392.5	1387.0	1513.2	19709.1	16692.5	14934.6	17112.1
1973	1913.5	1905.4	1400.3	1739.7	21622.6	18597.9	16334.9	18851.8
1972	1894.3	1553.2	1701.3	1716.3	23516.9	20151.1	18036.2	20568.1
1971	1684.5	1533.4	1655.1	1624.3	25201.4	21684.5	19691.3	22192.4
1970	1548.3	1476.0	1394.1	1472.8	26749.7	23160.5	21085.4	23665.2
1969	1980.2	1816.3	2963.1	1953.2	28729.9	24976.8	23148.5	25616.4
1968	1917.8	1537.3	1381.4	1612.2	30647.7	26514.1	24529.9	27230.6

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 , 1982

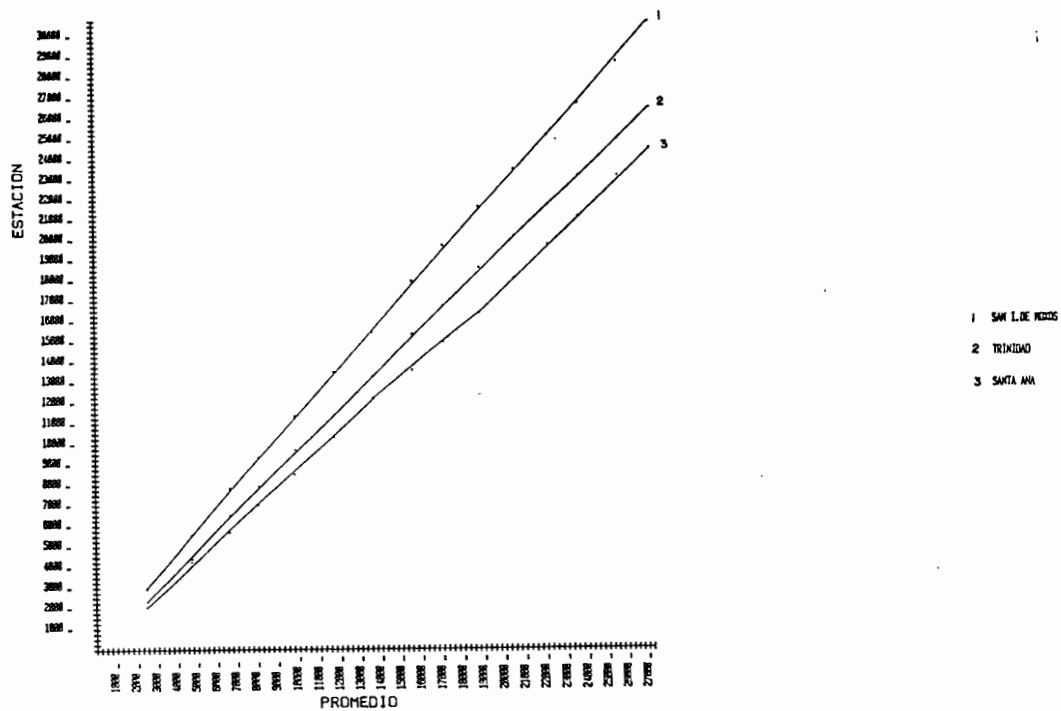


Figura 2.9.

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. MAGDALENA  
 E2. PEDRAS NEGRAS  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	PPE	AE1	AE2	PPA
1982	2475.1	1947.7	2211.4	2475.1	1947.7	2211.4
1981	1506.4	2125.5	1815.9	3981.5	4073.2	4027.3
1980	1829.2	1944.0	1886.6	5810.7	6017.2	5914.0
1979	1644.5	1752.0	1698.2	7455.2	7769.2	7612.2
1978	2050.7	2196.0	2123.3	9505.9	9965.2	9735.6
1977	1813.2	1752.0	1782.6	11319.1	11717.2	11518.1
1976	1444.8	1356.0	1400.4	12763.9	13073.2	12918.5
1975	1798.4	1548.0	1673.2	14562.3	14621.2	14591.7
1974	1576.2	1392.0	1484.1	16138.5	16013.2	16075.6
1973	1512.9	1344.0	1428.4	17651.4	17357.2	17504.3
1972	1847.8	1831.2	1839.5	19499.2	19188.4	19343.8
1971	1829.7	1784.4	1807.0	21328.9	20972.8	21150.8
1970	1489.2	1456.8	1473.0	22818.1	22429.6	22623.6
1969	1402.5	1364.4	1383.4	24220.6	23794.0	24007.3
1968	1356.8	1323.6	1340.2	25577.4	25117.6	25347.5

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 . 1982

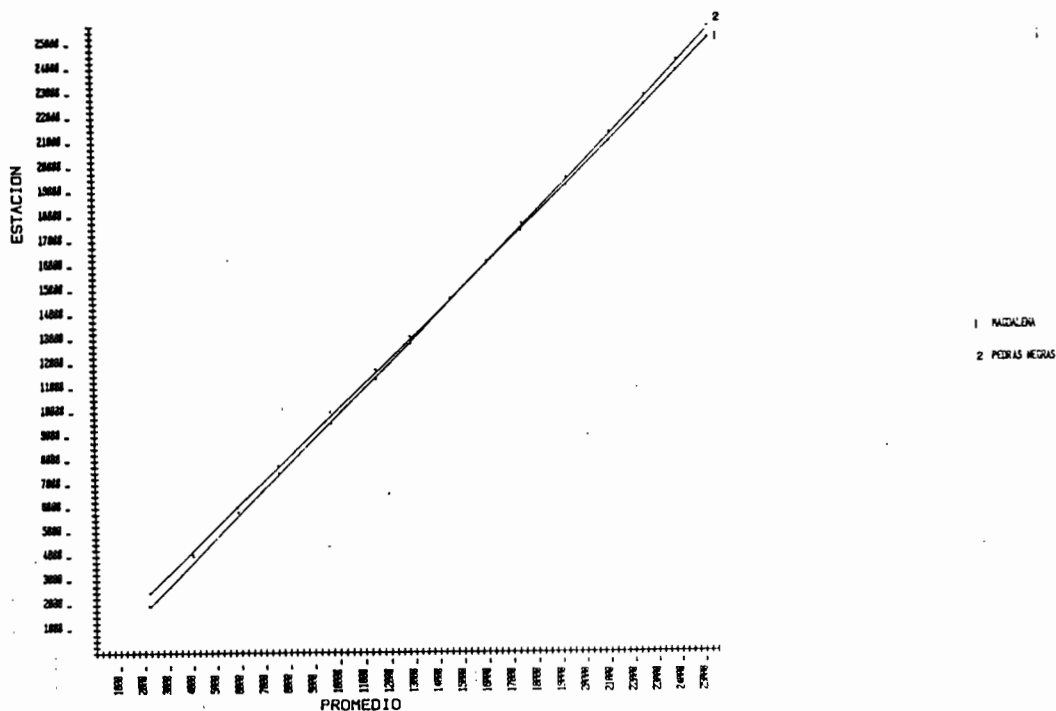


Figura 2.10.

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. P.E LACERDA  
 E2. MATO GROSSO  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	PPÉ	AE1	AE2	PPA
1982	1694.7	1340.4	1517.6	1694.7	1340.4	1517.6
1961	1531.5	1300.0	1415.7	3226.2	2640.4	2933.3
1980	1688.6	1412.4	1550.5	4915.0	4052.8	4483.9
1979	1673.0	1410.9	1792.9	6568.0	5966.7	6276.8
1978	1667.4	1407.4	1559.9	8247.4	7426.1	7836.7
1977	1686.4	1271.2	1378.8	9733.8	8697.3	9215.6
1976	1663.9	1549.5	1556.2	11297.7	10245.8	10771.7
1975	1757.0	1875.7	1816.3	13054.7	12121.5	12558.1
1974	1817.8	1587.2	1702.5	14872.5	13708.7	14290.6
1973	1568.1	1420.7	1494.4	16440.6	15129.4	15785.0
1972	1783.2	1875.6	1829.4	18223.8	17005.0	17614.4
1971	1337.4	1217.1	1277.2	19561.2	18222.1	18891.6
1970	1465.2	1327.1	1396.1	21026.4	19549.2	20287.6
1969	1276.1	1112.0	1174.0	22262.5	20661.2	21461.8
1968	1459.2	1211.4	1333.3	23667.7	21942.6	22815.1

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

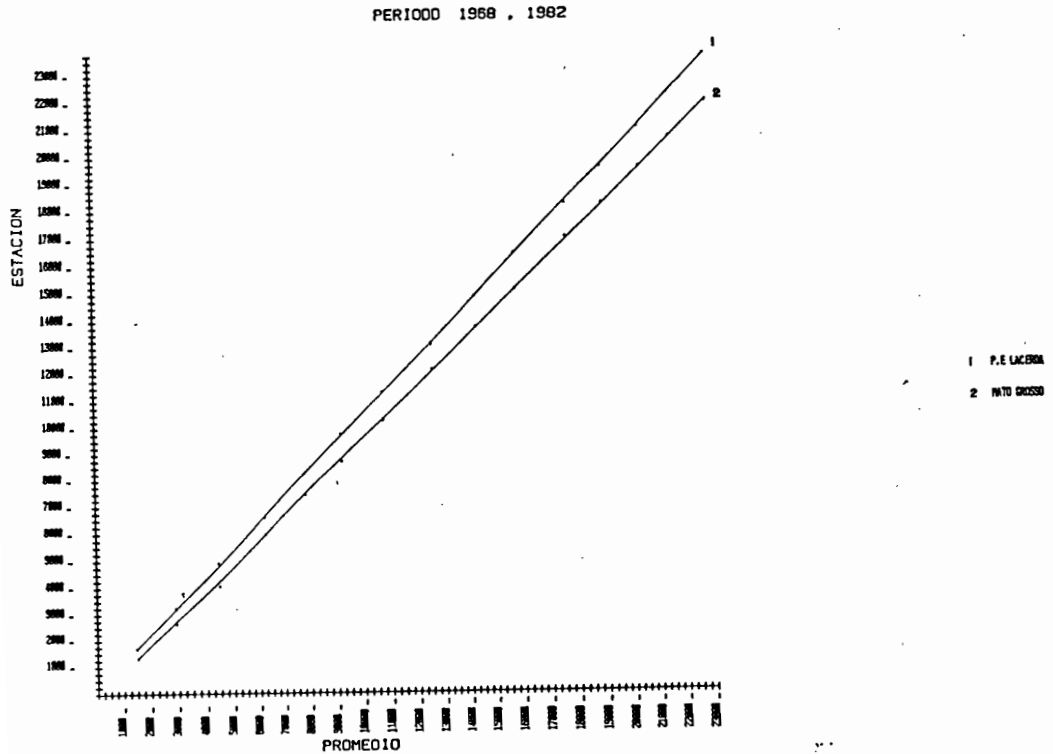


Figura 2.11.



CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. SERINGAL S.LUIZ  
 E2. PORTO VELHO  
 E3. JIPARANA  
 E4. JARU  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	E4	PPE	AE1	AE2	AE3	AE4	PPA
1982	1572.3	2937.9	1759.7	1975.8	2061.4	1572.3	2937.9	1759.7	1975.8	2061.4
1981	1899.0	2134.7	1288.0	2027.9	1837.4	3471.3	5072.6	3047.7	4003.7	3898.8
1980	1370.6	2191.3	1653.4	2033.2	1812.1	4841.9	7263.9	4701.1	6036.9	5710.9
1979	1397.2	1873.7	1883.7	1898.4	1763.2	6239.1	9137.6	6584.8	7935.3	7474.2
1978	2199.3	2306.4	2149.5	2188.5	2210.9	8438.4	11444.0	8734.3	10123.8	9685.1
1977	1993.8	2439.9	1905.8	2077.2	2104.2	10432.2	13883.9	10640.1	12201.0	11789.3
1976	1829.0	2139.2	1978.4	1836.1	1945.7	12261.2	16023.1	12618.5	14037.1	13735.0
1975	1912.7	2555.2	2022.9	2169.6	2165.1	14173.9	18578.3	14641.4	16206.7	15900.1
1974	2311.7	3167.8	2378.1	2663.8	2630.4	16485.6	21746.1	17019.5	18870.5	18530.4
1973	1845.4	2457.4	1912.8	2079.4	2073.7	18331.0	24203.5	18932.3	20949.9	20604.2
1972	1777.5	2328.1	1830.0	1984.4	1980.0	20108.5	26531.6	20762.3	22934.3	22584.2
1971	1594.4	1988.6	1608.2	1716.3	1726.9	21702.9	28520.2	22370.5	24650.6	24311.1
1970	1683.1	2148.8	1713.4	1843.4	1847.2	23386.0	30669.0	24083.9	26494.0	26158.2
1969	1680.7	2140.8	1680.8	1835.8	1834.5	25066.7	32809.8	25764.7	28329.8	27992.8
1968	1590.5	1980.2	1602.5	1809.6	1745.7	26657.2	34790.0	27367.2	30139.4	29738.5

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

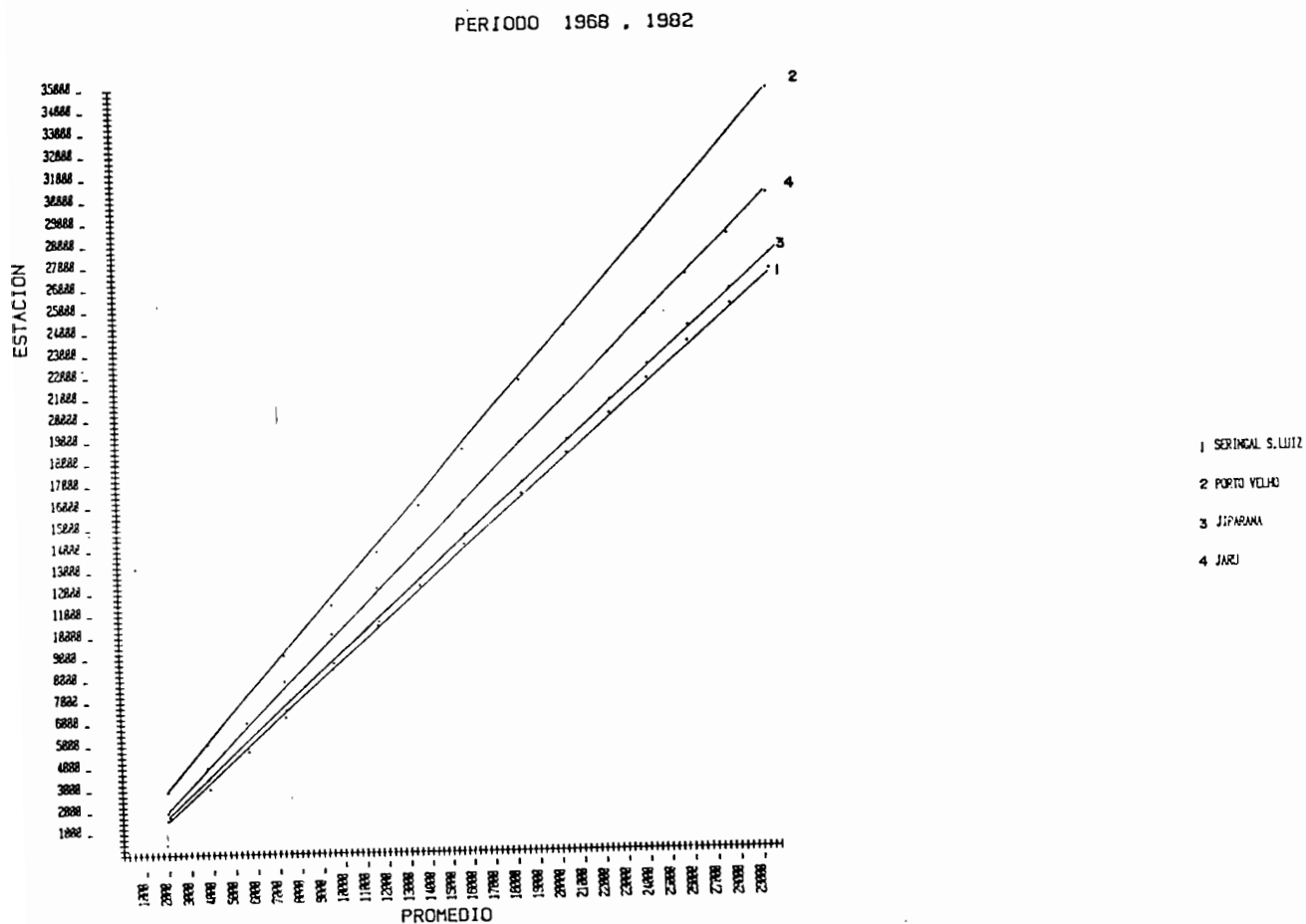
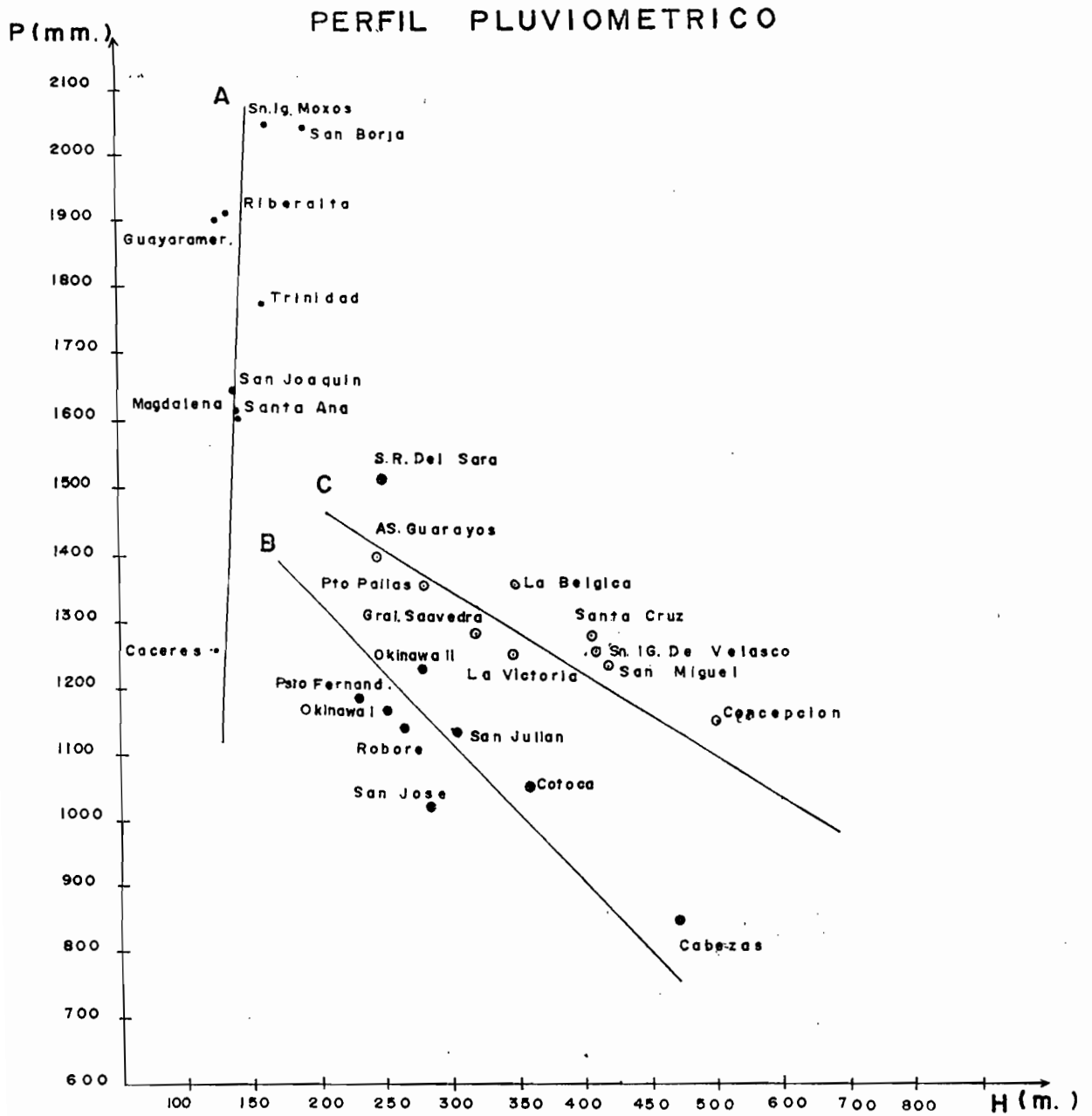


Figura 2.12.



**GRUPO A**       $r = 0.65$        $P = 641.95 + 7.62 H$

**GRUPO B**       $r = -0.87$        $P = 1526.60 - 1.41 H$

**GRUPO C**       $r = -0.88$        $P = 1693.14 - 1.09 H$

Figura 2.13.

**Cuadro 5.2.5. Correlación Lineal H vs P****Grupo A**

Estación	Altura H(m)	Precipitación P(mm)	Ecuación
Caceres ( B )	118	1.256.0	
Guayaramerín	127	1.902.2	$r = 0.65$
Riberalta	135	1.911.6	
San Joaquín	140	1.640.3	$P = 641.95 + 7.62H$
Magdalena	141	1.600.6	
Santa Ana	144	1.616.7	
Trinidad	157	1.767.7	
San Ignacio de Moxos	160	2.043.2	
San Borja	193	2.053.0	

**Cuadro 2-6 Correlación Lineal H vs P****Grupo B**

Estación	Altura H(m)	Precipitación P (mm)	Ecuación
Psto. Fernandez	230	1.187.9	
Qkinawa I	252	1.164.3	$r = 0.87$
Roboré	265	1.147.2	$P = 1526.60 - 1.405 H$
Qkinawa II	283	1.231.6	
San José	283	1.018.9	
San Julián	305	1.127.6	
Cotoca	359	1.050.9	
Cabezas	470	844.2	

**Cuadro 2-7 Correlación Lineal H vs P**  
**Grupo C**

Estación	Altura H (m)	Precipitación P (mm)	Ecuación
Asc. Guarayos	245.0	1.400.8	
Santa Rosa del Sahra	255.0	1.511.07	$r = 0.88$
Pto. Pailas	280.0	1.356.9	$P = 1693.14 - 1.097 H$
General Saavedra	320.0	1.276.5	
La Victoria	344.0	1.253.3	
La Bélgica	348.0	1.353.2	
San Ignacio de Velasco	413.0	1.253.4	
Santa Cruz	414	1.265.2	
San Miguel	422	1.228.4	
Concepción	497	1.148.3	

**2-8 Cuadro de Precipitación Media Anual en ( mm )  
y Valor Medio del Período de 15 años**

a.

País : Bolivia		VALORES MEDIOS DEL PERIODO 1968 - 1982					
Departamento : Santa Cruz							
Año	Pto. Suárez	Portachuelo	Roboré	Santa Cruz	San José	S.Ig. Velasco	S. Javier
68	889.2	1.101.6 *	935.1	938.9	1.068.2	1.690.4	1.321.4 *
69	807.2 (.)	1.142.4 *	1.029.8	1.106.4	1.025.0	843.7	674.5 *
70	892.9 (.)	887.4 *	824.2	711.0	673.3	1.043.2	914 *
71	846.6 (.)	816.0 *	961.5	848.0	919.3	734.0	1.096 *
72	1.044.6	1.295.4 *	1.326.1	1.073.3	798.2	1.128.1	1.229 *
73	856.2	1.091.4 *	914.4	849.9	727.9	1.064.6	1.239.0 *
74	1.196.0	1.224.0 *	1.272.5	1.351.6	1.070.9	1.589.2	1.548.03 *
75	1.111.5	1.392.0	1.092.4	1.203.3	908.9	1.240.6	1.337.5 *
76	1.214.5	1.215.2	1.089.7	1.150.3	776.0	1.064.1	1.413.2
77	1.196.7	1.080.0	1.147.1	1.789.3	987.0	1.440.1	1.725.4
78	1.261.9	1.359.5	1.138.2	1.207.3	651.0	1.431.0	1.543.5
79	1.684.1	1.399.0	2.029.1	1.156.3	1.411.4	1.253.0	1.353.9
80	1.187.1	1.512.0	894.9	1.333.9	986.5	1.371.2	1.701.2
81	1.172.3	2.064.0	1.050.6	2.120.3	1.572.9	1.221.0	1.813.1
82	1.443.3	2.054.8	1.491.8	2.037.9	1.706.9	1.687.2	2.384.0
	1.126.9	1.308.98	1.147.2	1.265.2	1.018.9	1.253.4	1.419.6

(.) Relleno Anual

\* Corrección por doble acumulado

b.

País : Bolivia		VALORES MEDIOS DEL PERIODO 1968 - 1982					
Departamento : Santa Cruz							
Año	A.Guarayos	Concepción	Cotoca	G.Saavedra	La Bélgica	La Victoria	Pto.Fernández
1968	937.3	1.165.3	835.2 *	1.071.6	1.170.4	1.092.0	977.7 *
1969	739.2	954.6	1.042.0 *	918.3	1.237.3	1.088.0	770.3 *
1970	887.0	1.087.8	558.3 *	622.1	787.9	645.6	367.6 *
1971	1.140.1	869.6	721.7 *	711.2	664.0	632.5	488.8 *
1972	1.475.9	847.1	1.001.6 *	1.322.4	1.505.5	1.312.0	1.318.4 *
1973	1.495.4	985.3	724.7 *	1.230.7	1.148.9	1.115.0	1.194.5 *
1974	1.635.3	1.505.7	1.066.8 (.)	1.321.7	1.391.0	1.291.5	1.318.4 *
1975	1.408.2	1.003.8	1.020.0 (.)	1.088.0	1.319.9	1.288.0	1.000.6 *
1976	1.254.9 .	1.065.1	870 (.)	1.212.9	1.159.8	1.199.5	945.3
1977	2.085.6	1.110.5	1.322.4	1.333.3	1.398.7	1.354.5	1.451.4
1978	1.372.8	1.191.0	953.4	1.333.9	1.386.4	1.141.3	1.358.3
1978	1.626.6	1.177.6	1.010.4	1.385.9	1.080.5	1.132.1	1.414.1
1980	1.535.0	1.229.1	1.121.1	1.660.9	1.500.0 (.)	1.380.0	1.497.2
1981	1.654.2 .	1.463.8	1.987.2	2.062.5	2.316 (.)	2.100.0 (.)	1.893.1
1982	1.769.7 .	1.567.9	1.516.5	1.872.0	2.232 (.)	2.028 (.)	1.823.5
$\bar{P}$	1.400.8	1.148.3	1.050.09	1.276.5	1.353.2	1.253.3	1.187.9

- . Dato correlacionado a nivel mensual
- (.) Dato correlacionado a nivel anual
- \* Dato corregido por doble acumulada

**2-8 Cuadro de Precipitación Media Anual en ( mm )  
y Valor Medio del Período de 15 años**

País : Bolivia		VALORES MEDIOS DE PRECIPITACION DEL PERIODO 1968 - 1982				
Departamento : Santa Cruz						
Año	San Julián	San Miguel	S.Rosa de Sahra	Okinawa 1	Okinawa 2	
1968	1.487.6 (.)	1.748.0 (.)	1.260.48 (.)	736.1	696.0 (.)	
1969	1.639.9 (.)	801.6 (.)	1.053.3 (.)	727.2	682.8 (.)	
1970	1.357.9 (.)	1.024.6 (.)	632.7 (.)	927.3	946.8 (.)	
1971	1.016.7 (.)	679.0 (.)	758.8 (.)	720.0	678.0	
1972	1.167.2 (.)	1.119.5 (.)	1.622.4 (.)	829.7	1.295.0	
1973	1.440.0 .	1.048.5 (.)	1.485.1 (.)	812.0	838.9	
1974	885.1 .	1.634.9 (.)	1.622.4 (.)	932.8	1.262.9	
1975	1.177.9 .	1.245.3 (.)	1.313.5 (.)	1.147.9	1.130.4	
1976	1.279.0 .	1.048.0 (.)	1.275.9	1.073.9	1.172.2	
1977	1.012.7 .	1.423.4	2.083.5	1.397.9	1.078.9	
1978	1.008.0	989.4	1.759.8	1.448.7	1.649.4	
1979	924.0	1.314.8	1.297.6	1.134.8	1.231.8 .	
1980	804.0	1.386.1	1.898.3	1.651.2	1.610.9 .	
1981	648.0	1.199.0	2.622.8	2.196.7	2.196.7 (.)	
1982	1.068.0	1.763.4 .	1.979.4	1.727.9	2.004.0 (.)	
P	1.127.6	1.228.4	1.511.07	1.664.3	1.231.6	

(.) Valor relleno con correlación anual

\* Valor relleno a nivel mensual

**2-9 Cuadro de Precipitación Media Anual en ( mm )  
y Valor Medio del Período de 15 años**

País : Bolivia		VALORES MEDIOS DE LA PRECIPITACION PERIODO 1968 - 1982						
Departamento : Beni								
Año	Guayaramerín	Magdalena	Riberalta	Trinidad	Santa Ana	San Ig.de Moxos	S. Joaquín	S. Borja
1968	1.458.3	1.207.6 *	1.591.9	1.537.3	1.537.3 *	1.917.8	996.7	1.515.6
1969	1.365.4 *	1.248.2 *	1.219.9	1.816.3	1.816.3 *	1.980.2	1.392.7	1.397.8
1970	1.656.6	1.325.4 *	1.580.1	1.476.0	1.476.0 *	1.548.3	1.162.9	1.430.2
1971	2.150.3	1.628.4 *	1.492.5	1.533.4	1.533.4 *	1.684.5	1.305.9	1.737.0
1972	1.900.1	1.644.5 *	1.762.1	1.553.2	1.553.2 *	1.894.3	1.425.3	1.673.0
1973	2.327.7	1.346.5 *	2.544.6	1.905.4	1.400.3 *	1.913.5	1.589.7	2.482.7
1974	2.196.4	1.402.8 *	1.838.9	1.392.5	1.387.0 *	1.760.1	1.540.1	1.683.4
1975	1.922.2	1.600.6	2.055.2	2.053.9	1.347.9 *	2.511.0	1.475.2	2.392.6
1976	2.005.0	1.285.9	1.758.9	1.869.9	1.876.7	1.936.8	1.406.6	1.946.3
1977	2.358.6	1.813.2	1.615.0	1.686.3	1.832.4	2.132.0	2.039.8	1.703.9
1978	1.720.0	2.050.7	2.107.8	1.724.9	1.490.6	2.034.6	2.133.7	2.255.3
1979	1.598.4	1.644.9	2.536.1	1.438.1	1.321.2	1.481.9	1.582.9	1.712.4
1980	1.519.2	1.829.2	2.132.7	2.120.0	1.407.9	2.291.9	2.239.7	2.912.4
1981	2.013.2	1.506.4	2.429.0	2.081.9	2.215.9	2.577.9	1.907.3	3.907.2
1982	2.341.8	2.475.1	2.009.5	2.325.9	2.055.0	2.983.3	2.460.8	2.053
	1.902.2	1.600.6	1.911.6	1.767.67	1.616.74	2.043.2	1.643.9	2.053.0

. Valor correlacionado a nivel mensual  
\* Valor corregido por dobles acumuladas



**2-10 Cuadro de Precipitación Media Anual en ( mm )  
y Valor Medio del Período de 15 años**

País : Brasil		VALORES MEDIOS DE LA PRECIPITACION PERIODO 1968 - 1982						
Año	Jaru	Diparana	Mato Grosso	P.E. Iacerda	Pto.Velho	Piedras Negras	Pespiridiao	Seringal S. Luiz
68	1.809.6 .	1.602.5 .	1.281.4	1.425.2 .	1.980.2	1.323.5 .	1.052.3	1.590.5 .
69	1.835.8 .	1.680.8 .	1.112.0	1.236.1 .	2.140.8	1.364.1 .	1.173.5	1.680.7 .
70	1.843.4 .	1.713.4 .	1.327.1 .	1.465.2 .	2.148.8 .	1.457.2 .	1.006.3	1.683.1 .
71	1.716.3 .	1.608.2 .	1.217.1	1.337.4 .	1.988.6	1.784.3 .	1.062.6	1.594.4 .
72	1.984.4 .	1.830.0 .	1.875.6	1.783.2 .	2.328.1 .	1.831.2 .	1.775.2	1.782.5 .
73	2.079.4 .	1.912.8 .	1.420.7 .	1.568.1 .	2.457.4 .	1.344.2 .	1.261.2	1.845.4 .
74	2.553.8 .	2.378.1 .	1.587.2 .	1.817.8 .	3.167.8	1.391.5 .	1.384.3	2.311.7 .
75	2.169.6 .	2.022.9	1.875.7 .	1.757.0	2.555.2	1.547.7	1.598.5 .	1.912.7 .
76	1.836.1	1.978.4	1.548.5 .	1.563.9	2.139.2	1.355.3	1.374.8 .	1.831.1
77	2.077.2	1.905.8	1.271.2	1.486.4	2.439.9	1.753.7	1.170.6 .	1.993.8
78	2.188.5	2.149.5	1.457.4	1.662.4	2.306.4	2.194.4	1.289.7 .	2.199.3
79	1.898.4	1.883.7	1.915.9	1.670.0	1.873.7 .	1.749.2	1.243.2 .	1.397.2
80	2.033.2	1.653.4	1.412.4	1.688.8	2.191.3	1.946.1	1.275.6 .	1.370.6
81	2.027.9	1.288.0	1.300.0	1.531.5	2.134.7	1.967.8	1.152.8 .	1.899.0
82	1.975.8	1.759.7	1.340.4	1.694.7	2.937.9	1.803.2	1.221.6 .	1.572.3
	2.009.3	1.824.5	1.462.8	1.579.2	2.319.3	1.654.2	1.269.5	1.777.7

. Datos correlacionados a nivel mensual

CUADRO 2-11 Precipitación Media de la Subcuenca Pontes e Lacerda

1	2	3	4	5
Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta	$\bar{P}$ entre Isoyetas	Area entre Isoyetas	Volumen Prec. entre Isoyetas
1	1.400	-	-	-
2	1.500	1.450	3.276.2	4.750.490.0
3	1.600	1.550	2.488.7	3.857.485.0
			5.764.9	8.607.975.0

$$P = \frac{8.607.975.0}{5.764.9} = 1.493.17 \text{ mm}$$

**CUADRO 2-12 Precipitación Media de la Subcuenca Mato Grosso**

1	2	3	4	5
Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta	$\bar{P}$ entre Isoyetas	Area entre Isoyetas	Volumen Prec. entre Isoyetas
1	1.200	-	-	-
2	1.300	1.250	3.273.38	4.091.725.0
3	1.400	1.350	1.913.59	2.583.346.5
4	1.500	1.450	7.911.50	11.471.675.0
5	1.600	1.550	2.838.20	4.399.210.0
			15.936.70	22.545.956.5

$$\bar{P} = \frac{22.545.956.5}{15.936.70} = 1.414.7 \text{ mm}$$

**Cuadro 2-13 Precipitación Media de la Subcuenca Pimenteiras  
( mm )**

1	2	3	4	5
Nº de Isoyeta	Precipitación de las Isoyetas	$\bar{P}$ entre Isoyetas	Area entre Isoyetas	Volumen Prec. entre Isoyetas
	1.400	-	-	-
1	1.500	1.450	440.90	639.305.0
2	1.600	1.550	5.841.97	9.055.053.5
3	1.700	1.650	11.573.72	19.096.638.0
4	1.800	1.750	6.648.62	11.635.085.0
5	1.900	1.850	3.827.84	7.081.504.0
6	2.000	1.950	1.518.11	2.960.314.5
			29.851.02	50.467.900.0

$$\bar{P} = \frac{50.467.900.0}{29.851.02} = 1.690.65 \text{ mm}$$

**Cuadro 2-14 Precipitación Media de la Subcuenca Pedras Negras  
( mm )**

1	2	3	4	5
Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta	$\bar{P}$ entre Isoyetas	Area entre Isoyetas	Volumen Prec. entre Isoyetas
1	1.200	-	-	-
2	1.300	1.250	9.368.90	11.711.125.00
3	1.400	1.350	5.368.02	7.246.827.00
4	1.500	1.450	10.799.26	15.658.927.00
5	1.600	1.550	22.076.86	34.211.933.00
6	1.700	1.650	15.405.93	25.419.784.50
7	1.800	1.750	6.524.87	11.418.522.50
8	1.900	1.800	614.22	1.105.596.00
			70.158.0	106.779.915.00

$$\bar{P} = \frac{106.779.915.00}{70.158.0} = 1.521.99 \text{ mm}$$

**Cuadro 2-15 Precipitación Media de la Subcuenca Itenez Bajo**  
( mm )

1	2	3	4	5
Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta	$\bar{P}$ entre Isoyetas	Area entre Isoyetas	Volumen Prec. entre Isoyetas
1	-	1.653.20	10.025.00	16.573.330.0
2	1.700	-	-	-
3	1.800	1.750	15.520.0	27.160.000.0
4	1.900	1.850	4.685.0	8.667.250.0
			<b>30.230.0</b>	<b>52.400.580.0</b>

$$\bar{P} = \frac{52.400.580.0}{30.230.0} = 1.733.40 \text{ mm}$$

**Cuadro 2-16 Precipitación Media de la Subcuenca Río Baures**

1	2	3	4	5
Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta	$\bar{P}$ entre Isoyetas	Area entre Isoyetas	Volumen Prec. entre Isoyetas
	1.200			
1	-	1.200	4.966.7	5.960.040.00
2	1.300	1.250	8.690.0	10.862.500.00
3	1.400	1.350	11.810.0	15.943.500.00
4	1.500	1.450	16.210.0	23.504.500.00
5	1.600	1.550	20.905.0	32.402.750.0
6	-	1.646.73	8.276.70	13.629.490.19
			70.858.4	102.302.780.2

$$\bar{P} = \frac{102.302.780.2}{70.858.4} = 1.443.76 \text{ mm}$$

**Cuadro 2-17 Precipitación Media de la Subcuenca del Río Itonomas**  
( mm )

1	2	3	4	5
Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta	$\bar{P}$ entre Isoyetas	Area entre Isoyetas	Volumen Prec. entre Isoyetas
1	1.200	-	-	-
2	1.214	1.207	6.575.0	7.936.025.0
3	1.000	-	-	-
4	1.100	1.050	7.480.0	7.854.000.0
5	1.200	1.150	16.585.0	19.072.750.0
6	1.300	1.250	1.310.0	1.637.500.0
7	1.400	1.350	950.0	1.282.500.0
9	1.600	1.550	11.395.0	17.662.250.0
10	1.700	1.650	20.170.0	33.280.500.0
11	1.735	1.737.5	985.0	1.711.437.5
			70.610	97.918.962.5

$$\bar{P} = \frac{97918962.5}{70610} = 1.386.76 \text{ mm}$$

En las tablas (2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22 ) se presenta la precipitación media anual en forma acumulada hasta los controles fluviométricos. Se calcula desde aguas arriba a aguas abajo de la cuenca en estudio.



**Cuadro 2-18 P Cuadro de Precipitación Media Acumulada hasta el control pluviométrico ( mm )**

**MATO GROSSO**

Subcuenca	$\bar{P}$	Area	Area x $\bar{P}$
P. Lacerda	1.493.14	5.765.0	8.607.952.1
M. Grosso	1.414.70	15.936.7	22.545.649.5
		21.701.7	31.153.601.59

$$\bar{P} = \frac{31.153.601.59}{21.701.7} = 1.435.54 \text{ mm}$$

**Cuadro 2-19 Cuadro de Precipitación Media Acumulada  
hasta el control pluviométrico  
( mm )**

**PIMENTEIRAS**

Subcuenca	$\bar{P}$	Area	Area x $\bar{P}$
P. Lacerda	1.493.14	5.765	8.607.952.1
M. Grosso	1.414.70	15.936.7	22.545.649.5
Pimenteiras	1.690.65	29.852.0	50.469.283.8
		51.553.7	81.622.885.4

$$\bar{p} = \frac{81.622.885.4}{51.553.7} = 1.583.26 \text{ mm}$$

**Cuadro 2-20 P Cuadro de Precipitación Media Acumulada hasta el control pluviométrico ( mm )**

**PEDRAS NEGRAS**

Subcuenca	$\bar{P}$	Area	Area x $\bar{P}$
P. Lacerda	1.493.14	5.765	8.607.952.1
M. Grosso	1.414.7	15.936.7	22.545.649.5
Pimenteiras	1.690.65	29.852.0	50.469.283.8
Pedras Negras	1.521.90	70.158.0	106.773.460.2
		121.711.70	188.396.345.6

$$P = \frac{188.396.345.6}{121.711.70} = 1.547.89 \text{ mm}$$

Cuadro 2-21

**P Cuadro de Precipitación Media Acumulada  
hasta el control pluviométrico  
( mm )**

**ITENEZ BAJO**

Subcuenca	$\bar{P}$ mm	Area Km <sup>2</sup>	Area x $\bar{P}$
P. Lacerda	1.493.14	5.765.0	8.607.952.1
M. Grosso	1.414.70	15.936.7	22.545.649.0
Pimenteiras	1.690.65	29.852.0	50.469.283.8
Pedras Negras	1.521.90	70.158.0	106.773.460.2
Itenez Bajo	1.733.40	30.230.0	52.400.682.0
		151.941.7	240.797.027.1

$$\bar{P} = \frac{240.797.027.1}{151.941.7} = 1.584.8 \text{ mm}$$

**Cuadro 2-22 P Precipitación Media de toda la cuenca  
hasta Príncipe Da Beira  
( mm )**

Subcuenca	$\bar{P}$	Area	Area x $\bar{P}$
P. Lacerda	1.493.14	5.765.0	8.607.952.1
M. Grosso	1.414.70	15.936.7	22.545.649.0
Pimenteiras	1.690.65	29.852.0	50.469.283.8
Pedras Negras	1.521.90	70.158.0	106.773.460.2
Itenez Bajo	1.733.40	30.230.0	52.400.682.0
Itonomas	1.386.76	70.610.0	97.919.123.6
Baures	1.443.76	70.858.4	102.302.523.6
		293.410.1	441.018.674.3

$$\bar{P} = \frac{441.018.674.3}{293.410.1} = 1.503.8 \text{ mm}$$

# POLIGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA DEL RIO ITENEZ

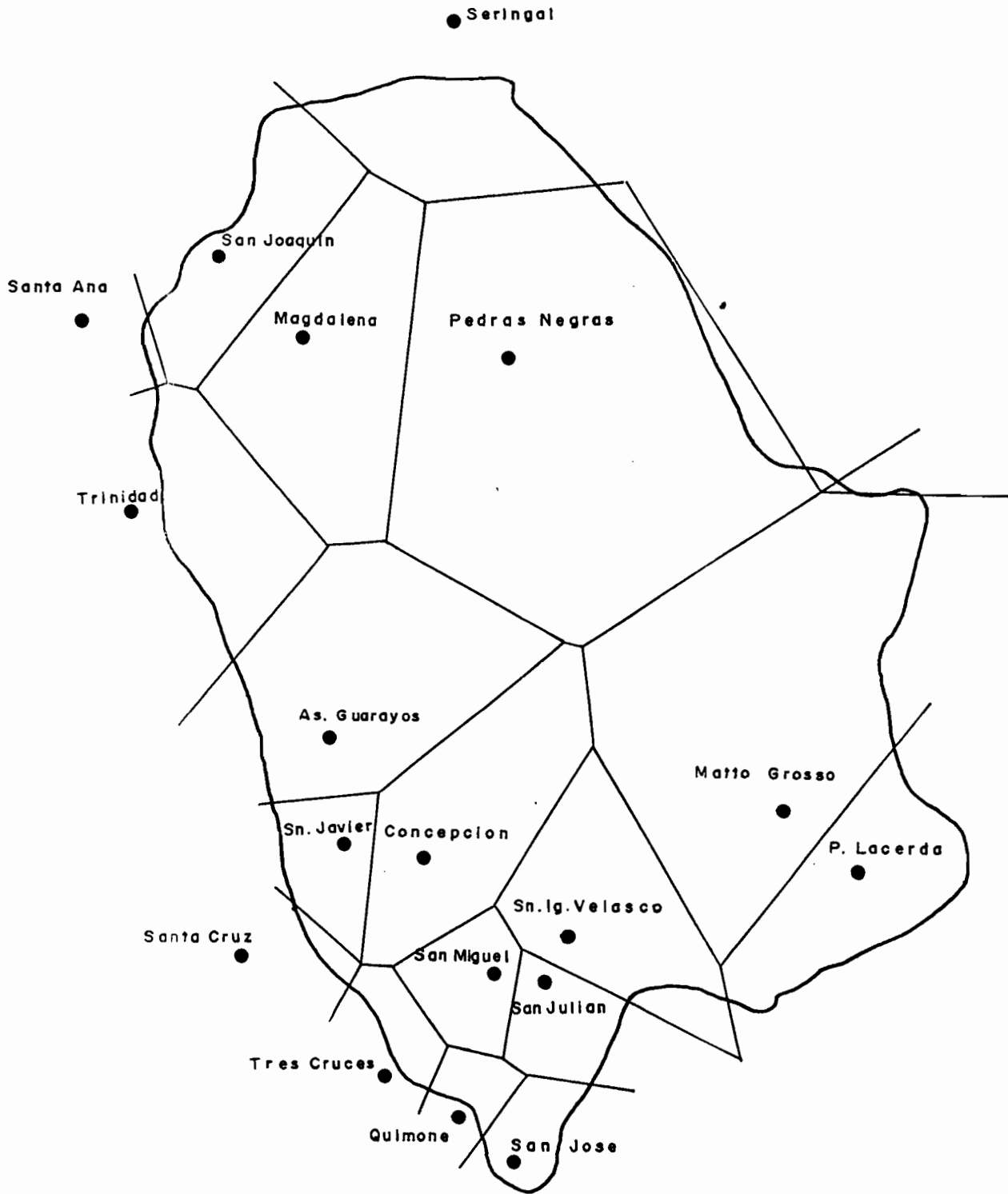


Fig. 2.4.

**Cuadro 2-23 De la P para 15 años por los  
Polígonos de Thiessen**

Estación	Area Polígono (Km <sup>2</sup> )	Promedio Prec. 15 años Pm	$K = \frac{AP}{AT}$	$P_c = P_m \times K$
Seringal	12.808.82	1.777.7	0.0437	77.8
San Joaquín	12.896.89	1.643.9	0.0440	72.3
Trinidad	12.916.10	1.767.67	0.0440	77.8
Santa Ana	373.06	1.616.74	0.0013	2.1
Magdalena	26.045.14	1.600.6	0.0888	142.1
Pedras Negras	68.046.88	1.654.2	0.2319	383.6
Asc.Guarayos	27.859.22	1.400.8	0.0949	132.9
Concepción	20.386.85	1.148.3	0.0695	79.8
Mato Grosso	52.036.36	1.462.8	0.1774	259.5
S.Ig.de Velasco	15.370.59	1.253.4	0.0524	65.7
P. Lacerda	15.690.81	1.579.2	0.0535	84.5
San Miguel	6.564.52	1.228.4	0.0224	27.5
San Julián	5.871.24	1.127.6	0.0200	22.6
Tres Cruces	2.934.82	883.8	0.0100	8.8
Quimone	2.241.54	825.7	0.0760	62.8
San José	4.242.93	1.018.9	0.0145	14.8
Santa Cruz	800.55	1.265.2	0.0027	3.4
San Javier	6.324.36	1.419.6	0.0216	30.7

$$A_T = \underline{293.410.68}$$

$$\underline{1.548.6}$$

Empleando el mismo coeficiente K q' es constante para cada polígono, se ha calculado la precipitación media de la cuenca para cada año, con el objeto de poder correlacionar la precipitación media con los caudales de Guayaramerín y ampliar la serie, se explicará con más detalle en el capítulo (2.6).

**Cuadro 2-24 Precipitación Media Anual Cuenca del Río Itenez ( Thiessen )**

a.

	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
Seringul K=0.0437	69.5	73.4	73.6	69.7	77.9	80.7	101.0	83.6	80.0	87.1	96.1	61.1	59.9	83.0	68.7
San Joaquín K=0.0440	43.9	61.3	51.2	57.5	62.7	69.9	65.2	64.9	61.9	89.8	93.9	69.6	98.5	84.0	108.2
Trinidad K=0.0440	67.6	79.9	64.9	67.5	68.3	83.8	61.3	90.4	82.3	74.2	75.9	63.3	93.3	91.6	102.3
Magdalena K=0.0888	120.5	124.5	132.2	162.5	164.1	134.3	140.0	159.7	128.3	161.0	182.1	146.0	162.4	133.8	219.4
P.Negras K=0.2319	306.9	316.3	337.9	413.8	424.7	311.7	322.7	358.9	314.3	406.7	508.9	405.6	451.3	456.3	418.2
S. Ana K=0.0013	1.8	2.7	1.8	2.2	2.2	1.8	1.8	1.8	2.4	2.4	1.9	1.7	1.8	2.9	2.7
As.Guarayos K=0.0949	88.9	70.2	84.2	108.2	140.1	141.9	155.2	133.6	119.1	197.9	130.3	154.4	145.7	157.0	167.5
Concepción K=0.0695	81.0	66.3	75.6	60.4	58.9	68.5	104.6	69.8	74.0	77.2	82.8	81.8	85.4	101.7	109.0
Mato Grosso K=0.1774	227.3	197.3	235.4	215.9	332.7	252.0	281.6	332.7	274.7	225.5	258.5	339.9	250.6	230.6	237.8
S.Ig.de Velasco K=0.0524	88.6	44.2	54.7	38.5	59.1	55.8	83.3	65.0	55.8	75.5	75.0	65.7	71.9	64.0	88.4
P. Lacerda K=0.0535	76.2	66.1	78.4	71.6	95.4	83.9	97.3	94.0	83.7	79.5	88.9	89.3	90.4	81.9	90.7
San Miguel K=0.0224	39.2	18.0	23.0	15.2	25.1	23.5	36.6	27.9	23.5	31.9	22.2	29.5	31.0	26.9	39.5

Continúa ...



b.

	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
S. Julián K=0.0200	29.8	32.8	27.2	20.3	23.3	28.8	17.7	23.6	25.6	20.3	20.2	18.5	16.1	13.0	21.4
T. Cruces K=0.0100	6.5	6.4	7.5	6.4	7.0	6.9	7.5	8.6	8.2	9.9	9.8	9.4	12.9	12.5	11.5
Quimone K=0.076	67.7	65.2	44.2	58.9	51.7	47.5	67.9	58.2	50.3	62.9	65.7	81.1	80.5	70.9	10.55
S. José K=0.0145	15.5	14.9	9.8	13.3	11.6	10.6	15.5	13.2	11.3	14.3	9.4	20.5	14.3	22.8	24.8
S. Cruz K=0.0027	2.5	3.0	1.9	2.3	2.9	2.3	3.6	3.5	3.1	4.8	3.3	3.1	3.6	5.7	5.5
San Javier K=0.0216	25.9	13.2	17.9	21.5	24.1	24.3	30.4	26.3	30.5	37.3	33.3	29.3	36.7	39.2	51.5
$\bar{P}$	1359.3	1255.7	1321.4	1405.7	1631.8	1428.2	1593.2	1615.7	1429.0	1658.2	1758.2	1669.8	1706.3	1677.8	1777.7

## 2.5. Evaporación y Evapotranspiración

Antes de proceder a la evaluación de estos parámetros, se definirán los términos que en ella intervienen.

- a) **Evaporación** : Cantidad de agua que debido a un proceso físico se transforma en vapor.
- b) **Transpiración** : Cantidad de agua que debido a un proceso biológico es devuelta a la atmósfera por las plantas a través de las hojas.
- c) **Evapotranspiración** : Es la suma de la cantidad de agua que pasa a la atmósfera por los procesos de evaporación del agua interceptada por el suelo y de la transpiración de las plantas.
- d) **Evapotranspiración** : Es la cantidad de agua que realmente pasa a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración.  
Su valor máximo sería la evapotranspiración potencial.

### 2.5.1. Evaluación de la Evaporación

La cuenca del río Itenez tiene gran parte de su área inundada

por Bañados. La evaluación de la evaporación de los bañados al no contar con información suficiente se realizó con fórmulas empíricas correspondientes, asimismo, se aplica el método de Penman para las estaciones., que cuentan con los datos necesarios. Sólo existe una estación, la de San Julián que cuenta con un tanque evaporímetro. Los valores de evaporación calculados con la fórmula de Penman serán comparados con los valores de la estación nombrada.

#### **2.5.1.1. Evaluación de la Evapotranspiración Real**

Dentro los parámetros que intervienen en el Balance Hídrico la evapotranspiración real es el parámetro que todavía no tiene un método práctico para su medición directa, lo cual implica que su estimación sea efectuada, generalmente a partir de métodos indirectos.

Los métodos de Turc y Thornthwaite que son para superficies naturales son utilizados para la evaluación del estudio.

#### **2.5.1.2. Método de Penman**

Este método permite calcular la evaporación. La fórmula posee una base físico-teórica, se basa en la combinación de la ecuación del transporte aerodinámico y la ecuación del balance de energía, su uso requiere varios elementos de los que no siempre se dispone. En es-

te trabajo el dato que ha sido adoptado es el de número de horas de brillo solar de la estación San Julián para estaciones con temperaturas similares y que están en una latitud sud de  $15^{\circ}$  a  $12^{\circ}$ . Este método da buen resultado en regiones húmedas y semihúmedas se comparó con varios tanques evaporímetros y el porcentaje de diferencia es mínimo ( Proyecto climatología de la cuenca Andina y Amazónica del río grande de Bolivia ). Ejemplo Anexo 2.

Los parámetros extraídos de SENAMHI para la aplicación de la fórmula son : número de horas de brillo solar " n ", humedad relativa u, Velocidad del viento  $V_2$ , temperatura del aire, y la posición geográfica.

Las estaciones que permiten el uso del método, se encuentran próximas a los bañados son :

**Mato Grosso :** Ubicada en la subcuenca Mato Grosso.

**San José :** Ubicada en la subcuenca río Itonomas.

**San Julián :** Ubicada en la subcuenca río Itonomas.

**San Ig.de Velasco :** Ubicada en la subcuenca Pedras Negras

**ESTACION** : SAN JULIAN **TIPO** : C.O.  
**PROVINCIA** : ÑUFLO CHAVEZ **Lat S** : 16°44  
**DEPARTAMENTO** : SANTA CRUZ **Log W** : 62°39  
**SUBCUENCA** : RIO ITONOMAS **Altura** : 305

**Cálculo de la E Media Anual ( mm ) mediante la fórmula de Penman ( 1968 - 1982 )**

SAN JULIAN													Lat 16°44	Long 62°39
Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octub	Noviem	Diciem		
$\theta$	26.44	26.30	26.07	24.79	22.75	20.23	21.20	22.45	23.93	25.92	25.93	26.45	Temp. aire	
n	5.63	5.82	6.40	6.05	5.42	5.16	6.64	7.14	6.41	7.27	6.40	5.73		
U	79.0	79.9	78.1	75.8	75.2	74.2	68.1	60.1	63.7	65.4	71.4	75.8		
$u_2$	120.07	146.76	103.62	120.52	139.64	146.31	164.99	146.31	171.66	155.65	133.42	120.52		
$R_a$	960.4	932.0	853.8	750.6	652.2	605.2	630.77	713.40	821.60	903	948.40	962.60		
N	13.04	12.7	12.2	11.7	11.4	11.2	11.1	11.5	12.0	12.5	13.0	13.0		
$\sigma \theta^4$	955.0	954.0	953.8	938.32	912.80	882.56	894.20	909.20	933.48	952.28	952.32	956.0		
$e_s$	25.81	25.66	25.36	23.48	20.76	17.75	18.88	20.38	22.24	25.06	25.06	25.89		
e	20.39	20.50	19.81	17.80	15.61	13.17	12.86	12.25	14.17	16.39	17.89	19.62		
E(mm/día)	6.03	6.09	6.60	5.16	6.09	3.95	3.86	5.68	6.12	7.08	6.56	6.82		
E(mm/mes)	186.93	170.38	204.45	154.72	188.74	118.64	119.74	176.11	183.68	219.58	196.80	211.50	E=177.61	
0.60 x E	112.10	102.23	122.67	92.83	113.24	71.18	71.89	105.67	110.21	131.75	118.08	126.90	E= 2131.32 E= 1278.82mm	

ESTACION : SAN IGNACIO DE VELASCO TIPO : S.O.  
 PROVINCIA : VELASCO Lat S : 16°22'  
 DEPARTAMENTO : SANTA CRUZ Log W : 60°57'  
 Altura : 413

**Cálculo de la E Media Anual ( mm ) mediante la fórmula de Penman ( 1968 - 1982 )**

SAN IGNACIO DE VELASCO												Lat 16°22'	Long 60°57'	
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octub	Noviem	Diciem		
$\theta$	26.65	26.24	25.96	24.75	22.87	20.91	21.59	23.37	25.61	27.39	27.36	26.81		
n	5.63	5.82	6.40	6.05	5.42	5.16	6.64	7.14	6.41	7.27	6.40	5.73		
U	74.69	77.18	74.59	72.87	70.82	68.88	60.41	56.06	53.18	60.53	65.82	70.06		
$u_2$	222.36	177.89	177.89	177.89	177.89	222.36	266.83	266.83	266.83	266.83	222.36	222.36		
$R_o$	958	932	855	753	657.0	610.00	634.17	717.0	824.0	903	946.0	959.0		
N	13	12.7	12.2	11.7	11.3	11.1	11.1	11.5	12.0	12.5	13.0	13.2		
$\sigma \theta^4$	959	952	952.5	937.84	914.0	890.72	898.88	921.0	922.24	970.64	970.0	963.20		
$e_s$	26.20	25.58	25.15	23.42	20.91	18.55	19.35	21.55	24.64	27.37	27.32	26.45		
e	19.57	19.74	18.76	17.07	14.81	12.78	11.69	12.08	13.10	16.57	17.98	18.53		
Albedo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
E(mm/día)	6.51	6.25	6.16	5.45	4.79	4.24	5.52	6.57	7.56	7.98	7.25	6.72		
E(mm/me)	201.89	175.07	190.88	163.10	148.51	127.18	171.12	203.77	226.82	239.55	217.65	208.24	E= 189.48	2273.78
0.60 E	121.13	105.04	114.53	97.86	89.11	76.31	102.67	122.26	136.09	143.73	130.59	124.94	E=1364.27	=====

**ESTACION : SAN JOSE**                      **TIPO : S.O.**                      **TITULO**  
**PROVINCIA : CHIQUITOS**                      **Lat S : 17°50'**  
**DEPARTAMENTO : SANTA CRUZ**                      **Long W : 60°45'**  
**SUBCUENCA : RIO ITONOMAS**                      **Altura : 283 m.s.n.m.**

**Cálculo de la E Media Anual ( mm ) mediante la fórmula de Penman**

ESTACION SAN JOSE							Lat. 17°50'		Long 60°45'				
Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubr	Noviem	Diciem	
$\theta$	26.6	25.6	25.5	24.1	21.9	20.5	21.4	23.2	25.3	26.9	26.4	26.5	
n	5.63	5.82	6.40	6.05	5.42	5.16	6.64	7.14	6.41	7.27	6.40	5.73	
U	72.31	73.76	72.38	71.19	72.28	71.56	63.70	57.62	57.09	61.03	65.26	69.52	
u <sub>2</sub>	208.56	326.85	169.43	198.78	222.35	240.14	284.61	275.71	263.71	294.84	281.50	207.67	
R <sub>o</sub>	967	932	850.5	744	639	592	621.42	703.5	815.0	903	955	972.5	
N	13.09	12.7	12.2	11.7	11.31	11.11	11.11	11.51	12.00	12.49	12.99	13.19	
$\sum \theta^4$	956.0	947.2	946	927	900.8	884.0	894.8	916.8	943.16	962.0	953.6	952	
e <sub>s</sub>	26.12	24.62	24.47	22.51	19.71	18.09	19.11	21.32	24.18	26.58	25.81	25.96	
e	18.89	18.16	17.71	16.02	14.25	12.95	12.17	12.29	13.80	16.22	16.84	18.05	
E(mm/dia)	6.59	6.82	6.48	5.56	4.52	4.13	5.60	6.68	6.98	8.06	7.51	7.15	
E(mm/mes)	204.14	191.03	200.83	166.90	140.12	123.85	173.48	206.94	209.55	249.94	225.30	221.57	192.80=2313.65
0.60x E	122.48	114.62	120.50	100.14	84.07	74.31	104.09	124.16	125.73	149.96	135.18	132.94	E=1388.19 ajo

Cálculo de la E Media Anual (mm) mediante la fórmula de Penman Mato Grosso

23.84    6.17    77.50    247.85    807.91    12.12    931.95    23.22    18.00    0.05    5.78    173.90

0.6 x 2080.80 = 1248.48

### 2.5.1.3. Método De Turc :

Este método para el cálculo de la evapotranspiración real ha sido establecida de una familia e curvas ( P, t ) a partir de observaciones de numerosas cuencas situadas en todos los climas del globo, la expresión es :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

El parámetro L tiene la expresión :

$$L = 300 + 25T + 0.5T^3$$

L = Parámetro heliotérmico

T = Temperatura Media Anual °C

P = Precipitación Media Anual

### 2.5.1.4. Presentación de Resultados

Para la aplicación de la fórmula, previamente se tiene que tener los mapas de Isoyetas e Isotermas. Consiste en sobreponer el mapa de Isotermas dibujado en papel transparente en el de Isoyetas, en los puntos de intersección se anota los valores de ( P,t ) estos puntos for-



man una malla de valores. Se aplica la fórmula de ETR en cada punto.

Los datos de temperatura al igual que la precipitación no tiene una distribución homogénea en la cuenca, lo que ha dificultado el trazado de Isotermas. Con el auxilio del perfil térmico se ha logrado obtener dos zonas, la de llanura húmeda para alturas menores a los 300 mts. y para la parte de llanura seca con alturas entre 250-500 mts., de este modo con la ayuda de los perfiles térmicos y la ubicación en un mapa de características fisiográficas se han obtenido datos puntuales de temperatura.

En el límite de la cuenca Bolivia-Brasil en las serranías no existe ningún dato de temperatura y las serranías tienen una altura de 1250 m.s.n.m. Para el trazado de las Isotermas se ha utilizado el perfil térmico de la zona de la cordillera del Tunari (CHAPARE-VALLE DE COCHABAMBA) de la cuenca del Mamoré y se han tenido en cuenta, para la comparación, la latitud, datos de humedad relativa, y finalmente se ha comparado con cuencas del Brasil de similares características, referidas en el atlas climatológico del Brasil.

**Cuadro 2-25 Temperatura Media Anual del Período ( 1968-1982 )**

( °C )

País : Bolivia		TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE		
Departamento : Santa Cruz				
Nombre	Lat S	Long W	Alt	T°C
Asc. Guarayos	15°42	63°06	24.5	22.6
Concepción	16°15	62°06	497.0	24.2
Pst. Fernandez	17°02	63°14	230.0	24.5
Prto. Suárez	19°00	57°44	135.0	24.9
Roboré	18°19	59°45	265.0	26.3
Santa Cruz	17°45	63°10	414.0	24.6
San José	17°50	60°45	283	24.5
San. Ig. de Velasco	16°22	60°57	413	24.9
San Javier	16°20	62°39	534	23.4
Gral. Saavedra	17°14	63°12	320	24.2
Okinawa I	17°13	62°53	252	24.9
Okinawa II	17°25	62°54	283	24.2
San Rafael	16°34	60°40	400	25.5

**Cuadro 2-26 Temperatura Media Anual del Período ( 1968-1982 )**  
( °C )

País : Bolivia		TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE		
Departamento : Beni				
Nombre	Lat S	Long W	Alt	T <sup>o</sup> c
Guayaramerín	10 <sup>o</sup> 51	65 <sup>o</sup> 25	127	26.8
Magdalena	13 <sup>o</sup> 20	64 <sup>o</sup> 09	141	27.1
Riberalta	11 <sup>o</sup> 01	66 <sup>o</sup> 05	135	26.9
Trinidad	14 <sup>o</sup> 51	64 <sup>o</sup> 57	157	26.3
Santa Ana	13 <sup>o</sup> 45	65 <sup>o</sup> 35	144	27.0
San Ig. de Moxos	14 <sup>o</sup> 55	65 <sup>o</sup> 36	160	25.8
San Joaquín	13 <sup>o</sup> 03	64 <sup>o</sup> 49	140	26.7
San Borja	14 <sup>o</sup> 52	66 <sup>o</sup> 45	193	26.1

**Cuadro 2-27 Temperatura Media Anual del Período ( 1968-1982 )  
( °C )**

País : Brasil		TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE		
Estación	Lat S	Long W	Alt	T°C
Mato Grosso	15°15	59°58	257	23.8
Caceres	16°03	57°41	118	24.8
P. Velho	63°55	8°46	106	25.4
Utiariti	13°02	58°14	386	23.5
Vilhena	12°43	60°03	621	24.1
Rondonia	10°53	61°57	-	24.6

**Cuadro 2-28 Correlación Lineal H vs T ( Grupo A )**

Estación	H(m)	T °C
Guayaramerín	127	26.8
Riberalta	135	26.9
San Joaquín	140	26.7
Magdalena	141	27.1
Santa Ana	144	27.0
Trinidad	157	26.3
San Ig. de Moxos	160	25.8
San Borja	193	26.1
Psto. Fernandez	230	24.5
Okinawa I	252	24.9
Okinawa II	283	23.8
San José	283	24.5
San Julián	305	24.3
Gral. Saavedra	320	24.2

$$T = 28.95 - 0.016 H \quad r = 0.947$$

$$G.T. = \frac{B - A}{HA - HB} = \frac{27 - 24}{100 - 400} \times 100 = \frac{3}{-185.37} = -1.62 \text{ } ^\circ\text{C}/100$$

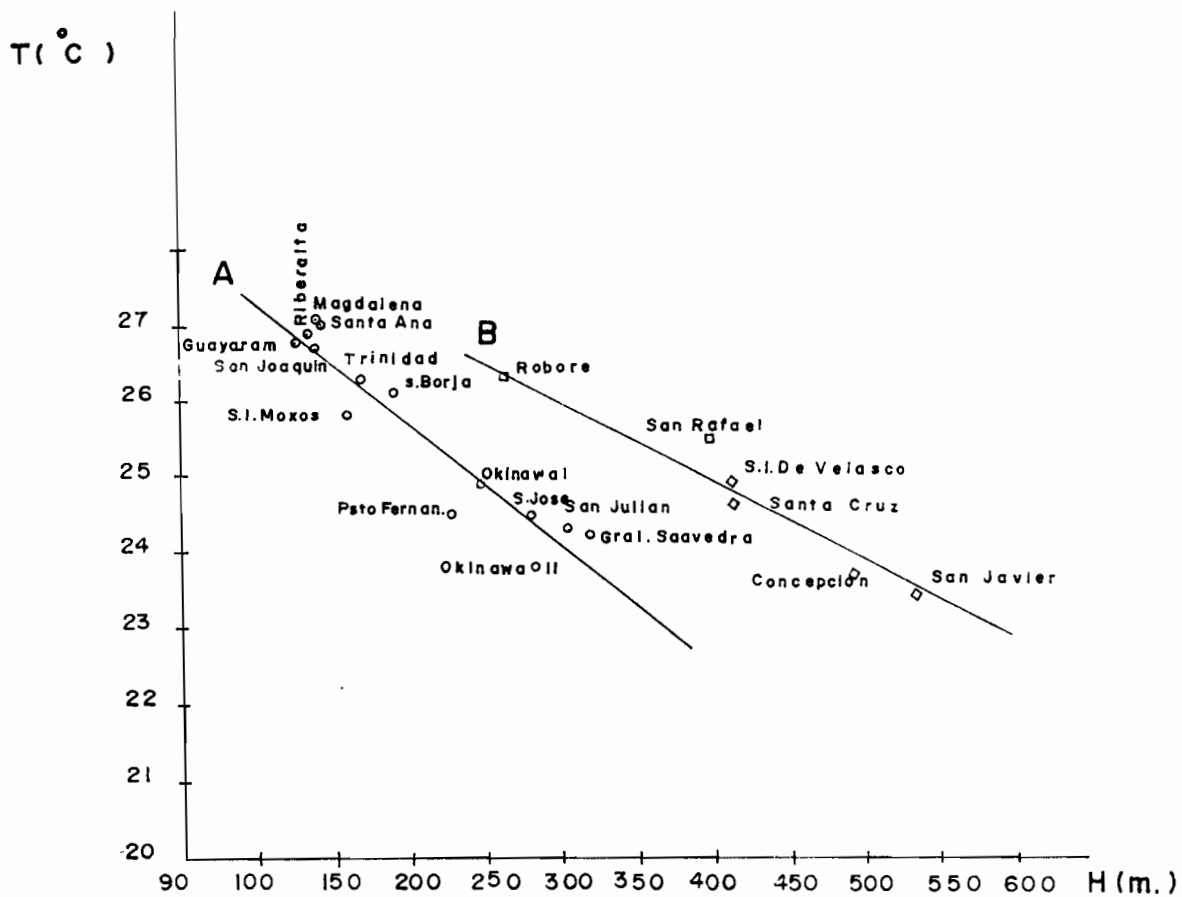
Cuadro 2-29 Correlación Lineal H vs T ( Grupo B )

Estación	H (m)	T °C
Roboré	265	26.3
San Ig. de Velasco	413	24.9
Santa Cruz	414	24.6
Concepción	497	24.2
San Javier	534	23.4
San Rafael	400	25.5

$$T = 29.191 - 0.010 H \quad r = - 0.96$$

$$\text{G.T.} = \frac{25.5 - 23.5}{354.8 - 547.06} \cdot 100 = - 1.04 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ (Gradiente)}$$

## PERFIL TERMICO



$$A \quad T = 28.950 - 0.016 H \quad G.T. = -1.62 \text{ } ^\circ\text{C}/100$$

$$B \quad T = 29.191 - 0.010 H \quad G.T. = -1.04 \text{ } ^\circ\text{C}/100$$

Figura 2.15.

**Cuadro 2-30 Evapotranspiración Real por la Fórmula De Turc  
( mm )**

País : Bolivia		ETR POR LA FORMULA DE TURC		
Departamento : Santa Cruz				
Estación	Lat	Long	Alt (mt)	ETR ( mm )
As. Guarayos	15°42	63°06	245	1.032.6
Concepción	16°15	62°06	497	968.3
Psto. Fernandez	17°02	63°14	230.0	996.9
Prto. Suárez	19°00	57°44	135.0	959.4
Roboré	18°19	59°45	265.0	1.011.8
Santa Cruz	17°45	63°10	414.0	1.045.3
San José	17°50	60°45	283	899.7
San Ig. de Velasco	16°22	60°57	413	1.041.9
San Javier	16°20	62°39	534	1.045.9
Gral. Saavedra	17°14	63°12	320	1.033.6
Okinawa I	17°13	62°53	252	993.9
Okinawa II	17°25	62°54	283	24.2



**Cuadro 2-31 Evapotranspiración Real por la Fórmula De Turc  
( mm )**

País : Bolivia		ETR POR LA FORMULA DE TURC		
Departamento : Beni				
Estación	Lat S	Long W	Alt ( M )	ETR ( mm )
Guayaramerín	10°51	65°25	127	1.374.6
Magdalena	13°20	64°09	141	1.282.2
Riberalta	11°01	66°05	135	1.400.3
Trinidad	14°51	64°57	157	1.318.9
Santa Ana	13°45	65°35	144	1.279.0
San Ig. de Moxos	14°55	65°36	160	1.382.8
San Joaquín	13°03	64°49	140	1.284.6
San Borja	14°52	66°45	193	1.399.1

**Cuadro 2-32 Evapotranspiración Real por la Fórmula De Turc  
( mm )**

País : Brasil		ETR POR LA FORMULA DE TURC		
Estación	Lat S	Long W	Alt	ETR ( mm )
Mato Grosso	15 <sup>o</sup> 15	59 <sup>o</sup> 58	257	1.099.8
Caceres	16 <sup>o</sup> 03	57 <sup>o</sup> 41	118	1.034.9
Portho Velho	63 <sup>o</sup> 55	8 <sup>o</sup> 46	106	1.425.3
Utiariti	13 <sup>o</sup> 02	58 <sup>o</sup> 14	386	1.265.7
Vilhena	12 <sup>o</sup> 43	60 <sup>o</sup> 03	621	1.295.5
Rondonia	10 <sup>o</sup> 53	61 <sup>o</sup> 57	-	1.256.3

#### **2.5.1.5. Fórmula de Thornthwaite**

Consiste en calcular para cada mes la evapotranspiración potencial, luego con el cuadro I, relativa a la estación de San Ignacio de Velasco, esquematizamos como sigue. Las diversas operaciones a efectuar para la elaboración del balance hidrológico y el cálculo de la evapotranspiración real. ( Ver Anexo 3 )

#### **2.5.1.6. Presentación de Resultados del Método De Turc y Thornthwaite**

En la tabla ( 2 - 33 ) se presenta la ETR calculada por ambos métodos encontrándose una diferencia en porcentaje de 7.95 %, este valor se comprobó calculando la ETR media de la sub cuenca del río Itonomas ploteando los valores puntuales y trazando las Isolfneas de ETR por Turc y Thornthwaite encontrando como resultado una diferencia en porcentaje de 8.05 %.

**Tabla 2-33 Diferencia en % de la fórmula de TURC y THORNTHWAITE  
( mm )**

Estación	Turc ( mm )	Thorntwaite ( mm )	%
Magdalena	1.282.2	1.397.04	8.96 (.)
Trinidad	1.318.9	1.436.6	7.92 (.)
Riberalta	1.400.3	1.401.8	0.13
Santa Ana	1.279.0	1.458.3	14.02
San Ig. de Moxos	1.382.8	1.546.0	11.80 (.)
San Joaquín	1.284.6	1.327.02	3.30 (.)
Asc. Guarayos	1.032.6	1.004.4	2.73 (.)
Concepción	968.3	1.101.0	13.70 (.)
Gral. Saavedra	1.033.6	1.220.8	18.10
Roboré	1.011.8	1.663.07	64.40
Santa Cruz	1.045.3	1.253.08	19.80
San José	899.7	1.108.0	23.17
San Ig. de Velasco	1.041.9	1.132.5	8.70 (.)
San Javier	1.045.9	1.103.3	5.49 (.)
San Julián	959.3	1.218.1	26.98
Guayaramerín	1.374.6	1.405.8	2.27

(.) Valores que se encuentran en la sub cuenca del río Itonomas que en promedio es 7.95 % utilizado para la corrección de Turc. Todas se encuentran en la llanura.

### 2.5.1.7. Trazado de las Isolíneas de Evapotranspiración Real

El trazado de las Isolíneas de evapotranspiración real por el método de Turc ha sido modificado, pues da valores bajos. Se ha utilizado el método alternativo de Thornthwaite, luego de una evaluación preliminar con el cálculo del Balance hídrico. La figura ( 2.15 ) muestra la distribución espacial de la precipitación y temperatura donde se ha considerado una sub cuenca modelo, la del río Itonomas, que cuenta con una buena distribución de estaciones, por el método de Thornthwaite se ha evaluado la ( ETR ), este método da valores altos, respecto a los resultados obtenidos por Turc, obteniéndose en promedio una diferencia en porcentaje de 7.95 %, este factor se ha aplicado a los puntos de intersección de ( P,T ) donde existe un valor de ETR de Turc de la sub cuenca del río Baures. La ETR de la sub cuenca del río Itonomas por Thornthwaite es de 1.199.24 mm y la del río Baures luego de aplicar el factor de corrección es de 1.188.86 mm, siendo estos resultados muy aproximados. Por tratarse de que las sub cuencas son de características similares, como se puede comprobar en los mapas ecológicos y de distribución de la vegetación.

Lo ideal, para tener un método definitivo era calcular la ETR paratoda la cuenca por Thornthwaite pero la ausencia de datos a restringido este propósito. Sin embargo, se puede afirmar que para la zona de llanura este método es apropiado ya que coincide con los resul-

tados obtenidos en el Brasil, pues los datos puntuales extractados de diferentes fuentes de información como el proyecto RANDAM-Brasil, son más próximos en valor a los encontrados en la parte boliviana.

Finalmente los valores encontrados de ETR se han comparado con los valores obtenidos a través del mapa ecológico de Bolivia, y se concluye que un punto ubicado en la zona de vida de bosque húmedo sub tropical, con áreas de bosque sub tropical y bosque muy húmedo subtropical, todas a baja elevación relativa, en las llanuras orientales deben tener una biotemperatura media anual entre  $22^{\circ}$  y  $24^{\circ}$ C, una precipitación anual aproximada de 1.600 mm, un potencial de evapotranspiración potencial entre 1.178 y 1.414 mm.

Concluido el proceso de corrección de los valores de Turc a continuación tenemos los cuadros resumen de las Isolíneas de ETR divididas por sub cuentas, previo cálculo de las áreas entre Isolíneas con planímetro.

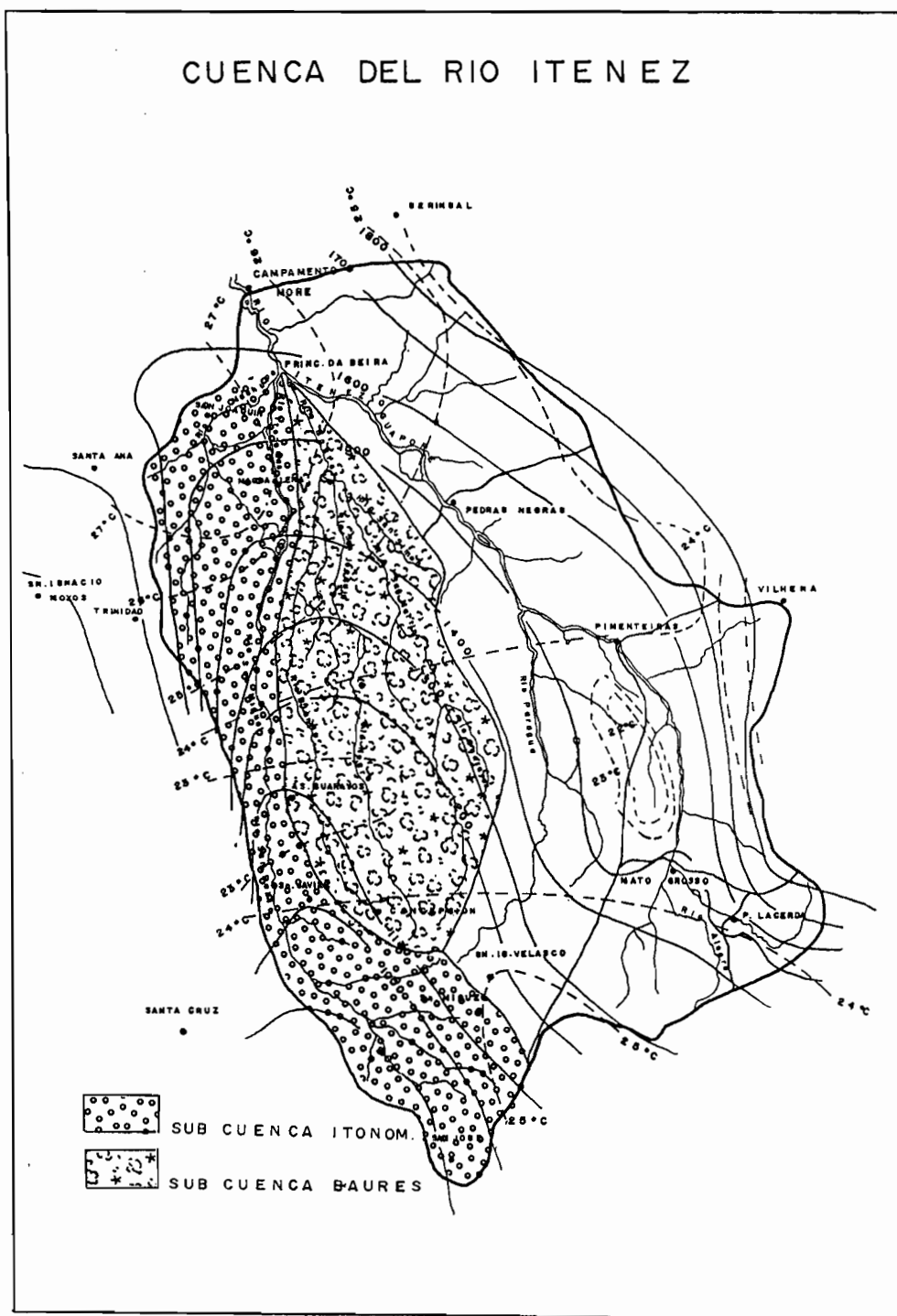


Figura 2.15

**Tabla 2-34 ETR Sub Cuenca Río P Lacerda  
( mm )**

Nº de Isolíneas de ETR	Evapotranspiración Real	Promedio de ETR	Area de ETR	Volumen de ETR
1	1200-1250	1225	5765	7.062.125

$$\text{ETR} = \frac{7.062.125}{5.765} = 1.225 \text{ mm}$$



**Tabla 2-35 Sub Cuenca Mato Grosso**

Nº de Isolíneas de ETR	Evapotranspiración Real	Promedio de ETR	Area de ETR	Volumen de ETR
1	1.100	1.100	465	511.500
2	1.200	1.200	15.471.7	18.566.040
			15.936.7	19.077.540

$$ETR = \frac{19.077.540}{15.936.7} = 1.197.08 \text{ mm}$$

**Tabla 2-36 ETR Sub Cuenca Pimenteiras ( mm )**

Nº de Isolíneas de ETR	Evapotranspiración Real	Promedio de ETR	Area de ETR	Volumen de ETR
1	-	1.200	3.310	3.972.000
2	-	1.225	26.541.17	32.512.933.25
			29.851.17	36.484.933.25

$$\text{ETR} = \frac{36.484.933.25}{29.851.17} = 1.222.2 \text{ mm}$$

**Tabla 2-37 ETR Sub Cuenca Pedras Negras  
( mm )**

Nº de Isolfneas de ETR	Evapotranspiración Real	Promedio de ETR	Area de ETR	Volumen de ETR
1	1.100	1.100	1.085.20	1.193.720.00
2	1.150	1.150	21.574.20	24.810.330.0
3	1.200	1.200	2.286.0	2.743.200.0
4	1.250	1.250	26.856.1	33.570.125.0
5	1.325	1.325	16.276.7	21.566.627.5
6	1.350	1.350	2.080.0	2.808.000.0
			70.158.20	86.692.002.5

$$\text{ETR} = \frac{86.692.002.5}{70.158.20} = 1.235.7 \text{ mm}$$

**Tabla 2-38 ETR Sub Cuenca Río Itonomas  
( mm )**

Nº de Isolíneas de Evapotransp.	Evapotranspiración Real	Promedio de Evapotransp.	Area de ETR	Volumen de Evapotransp.
1	1.000	-	-	-
2	1.100	1.050	1.706.53	1.791.856.50
3	1.200	1.150	1.798.64	2.068.432.55
4	1.300	1.250	819.01	1.023.766.25
5	1.400	1.350	2.081.95	2.810.632.5
6	-	1.050	262.86	276.005.1
	-	1.200	258.37	310.047.6
	-	1.400	133.67	187.146.4
			7.061.044	8.467.886.9

$$\text{ETR} = \frac{8.467.886.9}{7.061.044} = 1.199.24$$

**Tabla 2-39 ETR Sub Cuenca Río Baures  
( mm )**

Nº de Isolínea de ETR	Evapotranspiración Real	Promedio de ETR	Area de ETR	Volumen de ETR
1	1.000-1.100	1.050	4.476.21	4.700.020.50
2	-	1.075	13.638.91	14.661.828.25
3	1.100-1.200	1.150	24.473.94	28.145.031.00
4	1.200-1.300	1.250	15.716.80	19.646.000.00
5	1.300-1.400	1.350	12.552.41	16.945.753.50
			70.858.27	84.098.633.25

$$\text{ETR} = \frac{84.098.633.25}{70.858.27} = 1.186.86 \text{ mm}$$

**Tabla 2-40 ETR Sub Cuenca Rí Itenez Bajo  
( mm )**

Nº de Isolínea de ETR	ETR	Promedio de ETR	Area de ETR	Volumen de ETR
1	1.378-1.350	1.364	17.325.1	23.631.436.4
2	1.300-1.350	1.325	8.829.60	11.699.220.0
3		1.300	722.10	938.730.0
4	1.311-1.350	1.330.5	3.353.5	4.461.831.75
			30.230.3	40.731.218.15

$$\text{ETR} = \frac{40.731.218.15}{30.230.3} = 1.347.4 \text{ mm}$$

La ETR media de la cuenca del río Itenez hasta el punto de control Príncipe Da Beira es :

$$\text{ETR} = 1.222.4 \text{ mm}$$

## **2.6. Escorrentía**

El término escorrentía se refiere al escurrimiento superficial del régimen natural.

Las estadísticas fluviométricas al ser obtenidas de mediciones, están expuestas a errores producidos en las diferentes etapas que deben cumplirse hasta obtener los caudales medios diarios, mensuales y anuales. Sin embargo, de todos los parámetros que intervienen en el balance hídrico, la escorrentía superficial es la que puede obtenerse con mayor precisión.

### **2.6.1. Análisis de la Consistencia y Corrección de las Estadísticas**

La cuenca en estudio tiene cinco estaciones hidrométricas, el caudal resultante de estas estaciones obtenido de las curvas de descarga debe ser consecuente con los factores meteorológicos de la cuenca, una forma de mantener un control permanente lo constituye el expresar la escorrentía media en milímetros y comparar con la lluvia caída en la cuenca.

El caudal resultante también debe ser consecuente con caudales obtenidos en secciones aguas arriba de la sección considerada (  $Q$  menores ), con las secciones aguas abajo (  $Q$  mayores ).

La forma de verificar lo expuesto es comparar los volúmenes de esorrentía anuales con una precipitación característica de la cuenca o con volúmenes de escurrimiento de una estación fluviométrica base o patrón.

Esta comparación se hace utilizando el método de la curva de doble masa ( suma de volúmenes escurridos versus suma de precipitación, o suma de esorrentía ). Si la esimación es correcta los puntos se alinearán en una recta. Este procedimiento, sólo indica la consistencia de la estadística, pero nunca debe corregirse sin una verificación de terreno. Muchas veces la inconsistencia se debe a cambio de calibración del molinete, cambio de ubicación de la estación o a cambio en los métodos de uso de la tierra, también los quiebres se deben con gran probabilidad a deficiencias en el trazado de la parte alta de la curva de descarga.

### **2.6.2. Ampliación de las Estadísticas Fluviométricas**

La extensión y relleno de las estadísticas fluviométricas es indispensable para completar el período considerado ( 1968-1982 ).

El método empleado es la correlación entre una estación con estadística larga y confiable, llamada estación base, y la estación cuyos datos se desean extender.



Para la correlación pueden usarse datos de caudales medios anuales, medios mensuales, medios diarios o instantáneos. Los mejores resultados se obtienen con las correlaciones de caudales mensuales y anuales, para realizar esta correlación se debe tener en cuenta el siguiente orden de prioridad.

- Estación en el mismo curso del río
- Estación en un afluente cercano
- Estación que controle una cuenca vecina

Cuando no existen estaciones hidrométricas, se pueden realizar correlaciones entre escorrentías anuales y precipitaciones, como generalmente se cuenta con más información pluviométrica que fluviométrica, este método resulta aplicable a muchos casos, sin embargo las correlaciones son generalmente pobres y sólo da buenos resultados en el caso de caudales medios anuales.

Es procedente ampliar la escorrentía utilizando un patrón de precipitaciones anuales ( PPA ) de la cuenca o con una estadística pluviométrica base prolongando la ( CDA ) curva doble acumulada de esta forma completar los datos del período considerado con la estación pluviométrica.

### 2.6.3. Estimación de Caudales pra Cuencas con poca Información

La cuenca del río Itenez tiene una red hidrométrica nueva, con estaciones fluviométricas en la parte alta y media de la cuenca controladas por el Brasil. En la parte baja el PHICAB ( Proyecto Hidrológico y Climatológico para la cuenca del río Amazonas ) ha instalado una red en la cuenca del Amazonas el año 1982. En las principales sub cuencas como el Itenez, Mamoré, Madre de Dios.

Los datos obtenidos son de períodos cortos, para utilizarlos es necesario contrastarlos con métodos empíricos para tener seguridad en la utilización de los mismos.

Para la cuantificación aproximada de caudales en cuencas con poca información se tomaron en cuenta las siguientes relaciones funcionales :

- 1) Se trata de estimar un caudal, en función de un caudal conocido y la precipitación media de dos sub cuencas que tengan características fisiográficas y de ambiente vegetal similares.

$$Q_B = \frac{A_x (P_x)}{A_B (P_B)} \times Q_B$$

- II) Otro método utilizado en este trabajo es el de Langbein modificado, que con datos de precipitación y temperatura permite encontrar el escurrimiento, se basa en la relación  $P/E$  y  $R/E$ , donde  $E$  solamente es un factor de temperatura,  $P$  es la precipitación y  $R$  la escorrentía. ( Ver Anexo 4 )

#### **2.6.4. Presentación de Resultados**

Los resultados obtenidos para las diferentes sub cuencas está limitado al récord de información en lo posible por las técnicas de la CDA ( Curva Doble Acumulada ) y la correlación ha sido posible completar el período señalado para este trabajo en algunas estaciones, los datos proporcionados por el Brasil se han explotado al máximo, si se tienen en cuenta que el país no cuenta con este tipo de información valiosa y necesaria. Se ha logrado reconstruir las curvas de descarga, también los hidrogramas del río Itenez se presentan en el Anexo 5.

##### **2.6.4.1. Sub Cuenca Pontes E Lacerda**

La estación hidrométrica Pontes E Lacerda tiene registros de caudales desde 1972-1983 se ha ampliado la serie a 15 años en base a la CDA ( Curva Doble Acumulada ), tomando como PPA la estación pluviométrica Pontes E Lacerda, previamente comprobada con el análisis de

consistencia de pluviometría. La esorrentía Vs la precipitación no da quiebre, esto significa que la esorrentía esta bien determinada, en base a la precipitación se ha ampliado cuatro años ( 1968-1971 ), también se ha logrado obtener la curva de descarga y los hidrogramas. ( Anexo 5 )

#### **2.6.4.2. Sub Cuenca Mato Grosso**

El récord de la estación Mato Grosso es a partir del año ( 72-82 ) pero este período presentaba lagunas, por lo que ha sido necesario correlacionar con los caudales de Pontes E Lacerda a nivel mensual y rellenar las lagunas existentes, el período de 15 años se ha logrado extrapolando la CDA, utilizando como base la estación pluviométrica Mato Grosso. Los años ( 79-82 ) presenta un quiebre, y no se puede corregir la curva porque son datos obtenidos de la curva de descarga, además no hay los archivos originales para poder comprobar el quiebre por lo que es conveniente mantener los valores proporcionados por el Brasil.

#### **2.6.4.3. Sub Cuenca Pimenteiras**

La estación Hidrométrica Pimenteiras ha sido analizada en función a datos de aforo y alturas de escala. La curva de descarga da una correlación  $r = 0.99$ , con esta curva de descarga se ha completado un récord de caudal para 3 años, esta información es imprescindible pues ayudará a discutir los resultados del Balance Hídrico.

#### **2.6.4.4. Sub Cuenca Pedras Negras**

Existen tres años completos de caudales para el punto de control Pedras Negras. La información llegó procesada del Brasil.

#### **2.6.4.5. Sub Cuenca del Río Baures e Itonomas**

No cuentan con registros de caudales, estas dos sub cuencas están en el territorio nacional en la parte del llano, el caudal medio para estas sub cuencas se calculará con el balance hídrico.

#### **2.6.4.6. Cuenca del río Itenez**

El río Itenez en la confluencia con el Mamoré a la salida de la cuenca tiene instalada la estación hidrométrica de Campamento More, aguas arriba a 30 Km está la estación Vuelta Grande y en la confluencia de los ríos Itonomas, Baures e Itenez se encuentra instalada la estación Príncipe Da Beira ( Brasil ) que solamente tiene lecturas de escala. La obtención de caudales para este punto de control ha sido analizado por los expertos del PHICAB, correlacionando alturas de escala entre las estaciones de Vuelta Grande y Príncipe Da Beira y se ha adoptado la curva de descarga de Vuelta Grande para generar los caudales para 3 años en Príncipe Da Beira.

Los caudales obtenidos corresponden a un período corto por lo que es necesario hacer el contraste de los mismos.

Se ha aplicado el método de Langbein para obtener la escorrentía en las estaciones que cuentan con datos de precipitación y temperatura y se ha calculado la escorrentía para cada año del período señalado.  
( Ver Anexo 5 )

Este método se ha aplicado para generar caudales en la cuenca de los ríos Mamoré e Itenez y comparar estos resultados con datos de caudales medidos de las dos cuencas para comprobar la bondad del método.

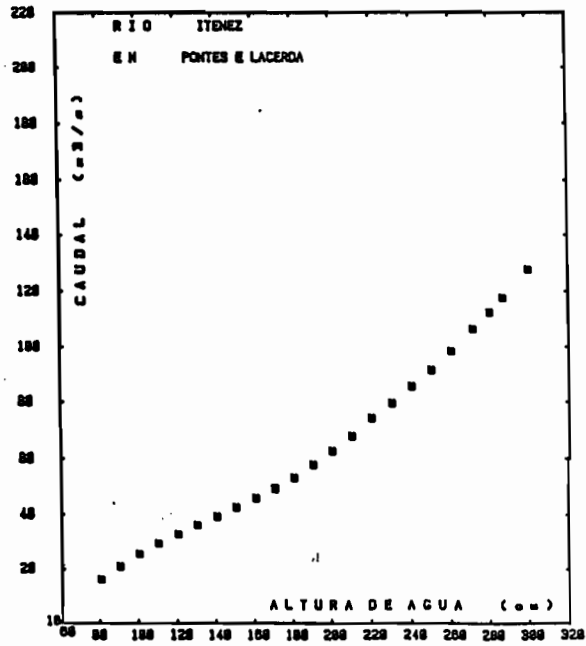


FIG. CURVA DE CALIBRACION

Figura 2.16.

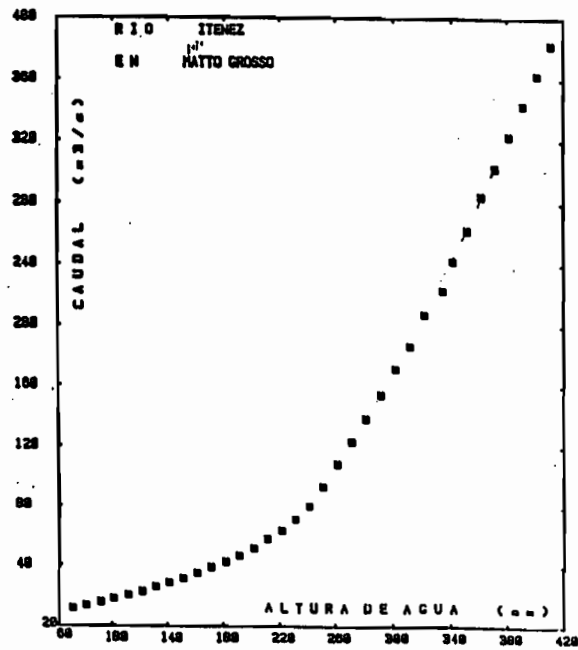


FIG. CURVA DE CALIBRACION

Figura 2.17.

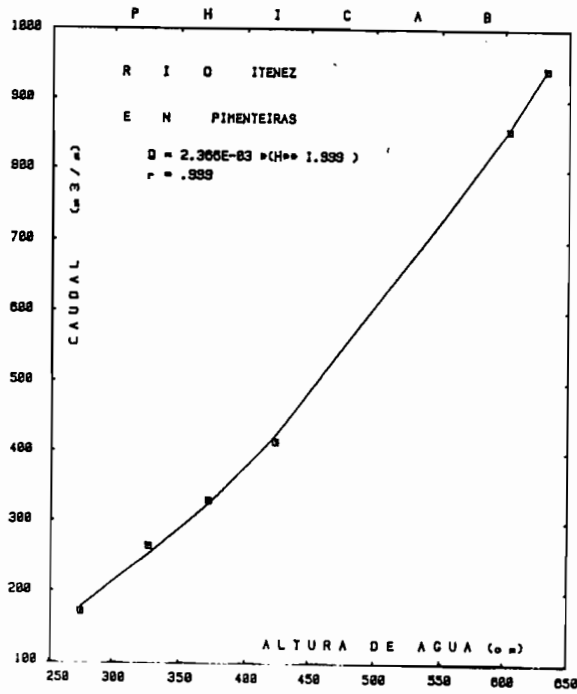


Fig. CURVA DE CALIBRACION

Figura 2.18.

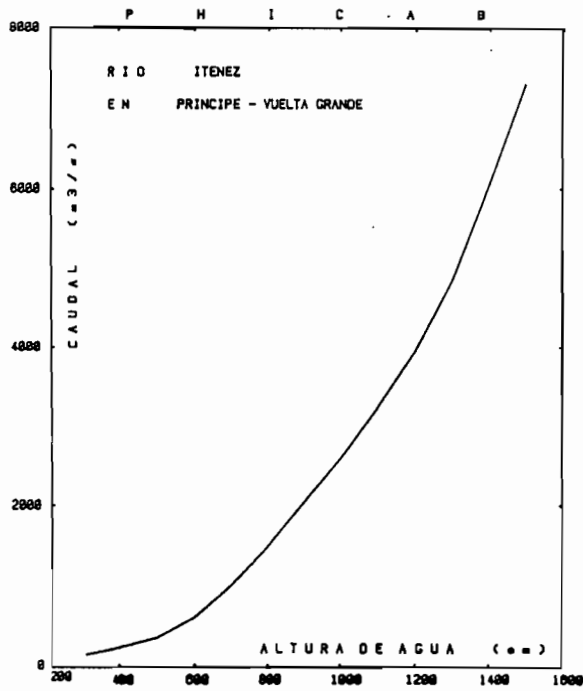


Fig. CURVA DE CALIBRACION

Figura 2.19.



**Cuadro 2-41 Dobles Acumuladas - Precipitación ( mm )  
Vs Escurrentía Pontes de Lacerda ( mm )**

Año	Precipitación ( mm )	Escurrimiento ( mm )	Precipitación	Escurrimiento	R Corregido	Q m <sup>3</sup> /S
1982	1.694.7	321.10	1.694.7	321.10	321.10	58.70
1981	1.531.5	266.6	3.226.2	587.70	266.6	48.74
1980	1.688.8	292.2	4.915.0	879.9	292.2	53.42
1979	1.670.0	320.9	6.585.0	1.200.8	320.9	58.67
1978	1.662.4	263.6	8.247.4	1.464.4	263.6	48.19
1977	1.486.4	286.5	9.733.8	1.750.9	286.5	52.37
1976	1.563.9	282.6	11.297.7	2.033.5	282.6	51.67
1975	1.757.0	318.5	13.054.7	2.352.0	318.5	58.22
1974	1.817.8	267.2	14.872.5	2.619.2	267.2	48.85
1973	1.568.1	232.0	16.440.6	2.851.2	232.0	42.41
1972	1.783.2	230.8	18.223.8	3.082.0	310.6 *	56.78
1971	1.337.4	259.8	19.561.2	3.341.8	232.9 *	42.58
1970	1.465.2	283.4	21.026.4	3.625.2	255.2 *	46.65
1969	1.236.1	241.8	22.262.5	3.867.0	215.3 *	39.36
1968	1.425.2	276.2	23.688.0	4.143.2	244.8 *	44.75
Valores ampliados por C.D.A.					Qm =	50.09

CUADRO DOBLE ACUMULADA  
ESTACION PONTES E LACERDA  
R Vs P

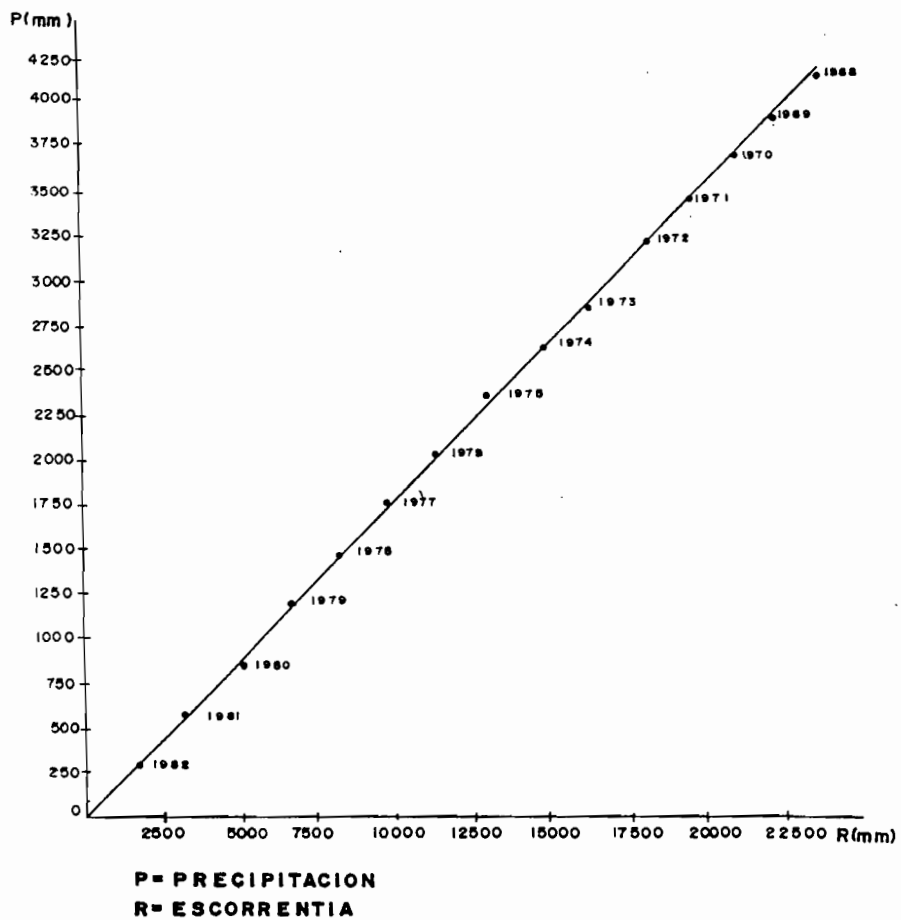


Figura 2.20.

**Cuadro 2-42 Dobles Acumuladas - Precipitación ( mm )  
Vs Escorrentía Mato Grosso ( mm )**

Año	Precipitación ( mm )	Escurrimiento ( mm )	Precipitación	Escorrentía	Q ( m <sup>3</sup> /S)
1968	1.281.4	155.02	1.281.4	155.02	78.34
1969	1.112.0	110.10	2.393.4	265.12	55.64
1970	1.327.1	170.86	3.720.5	435.98	86.34
1971	1.217.1	136.90	4.937.6	572.88	69.18
1972	1.875.6	255.23	6.813.2	828.11	128.98
1973	1.420.7	135.53	8.233.9	963.64	68.49
1974	1.587.2	189.14	9.821.1	1.152.78	95.98
1975	1.875.7	267.26	11.696.8	1.420.04	135.06
1976	1.548.5	219.59	13.245.3	1.639.63	110.97
1977	1.271.2	158.98	14.516.5	1.798.61	80.34
1978	1.457.4	162.09	15.973.9	1.960.70	81.91
1979	1.915.9	296.43	17.889.8	2.257.13	149.80
1980	1.412.4	252.10	19.302.2	2.509.23	127.40
1981	1.300.0	234.95	20.602.2	2.744.18	118.73
1982	1.340.4	274.78	21.992.6	3.018.96	138.86
					Q <sub>m</sub> = 101.7 m <sup>3</sup> /S

CUADRO DOBLE ACUMULADA  
ESTACION MATO GROSSO  
R Vs P

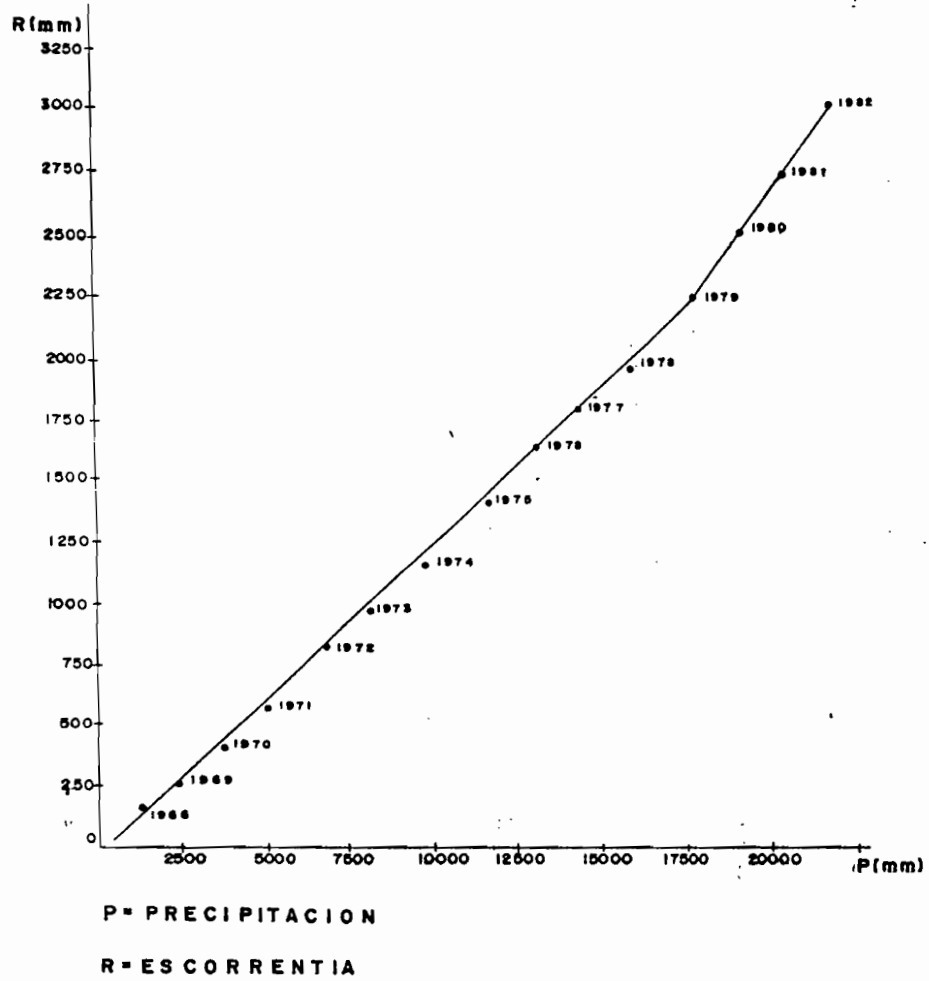


Figura 2.21.

**Cuadro 2-43 Doble Acumulada - P media de la Cuenca del Itenez y Mamoré  
Vs Escorrentía Guayaramerín**

Año	$\bar{P}$ de la cuenca ( mm )	R Guayaramerín ( mm )	$\bar{P}$ de la cuenca	R Guayaram.	R Corregido
1981	1.884.0	427.48	1.884.0	427.48	427.48
1980	1.724.90	453.60	3.608.9	881.08	453.60
1979	1.653.90	461.07	5.262.8	1.342.15	461.07
1978	1.715.97	410.57	6.978.8	1.752.72	410.57
1977	1.757.09	454.44	8.735.8	2.207.16	454.44
1976	1.560.40	409.71	10.296.2	2.616.87	409.71
1975	1.555.40	397.67	11.851.6	3.014.54	397.67
1974	1.621.57	434.99	13.473.2	3.449.53	434.99
1973	1.556.9	395.43	15.030.08	3.844.96	395.43
1972	1.648.87	344.90	16.678.95	4.189.86	424.2 *
1971	1.502.50	283.70	18.181.45	4.473.56	348.9 *
1970	1.422.95	338.90	19.604.4	4.812.46	385.4 *
1969	1.465.93	352.60	21.070.3	5.165.06	412.3 *
1968	1.365.18	319.90	22.435.5	5.484.96	347.9 *
					$\bar{R} = 411.69$

\* Valores corregidos por la doble acumulada.

$$Q_{14} = \frac{A = 5.894.97 \text{ cm}^2 \times 411.69}{31536} = 7.695.6 \text{ m}^3/\text{S}$$

126. CUADRO DOBLE ACUMULADA  
R Vs P

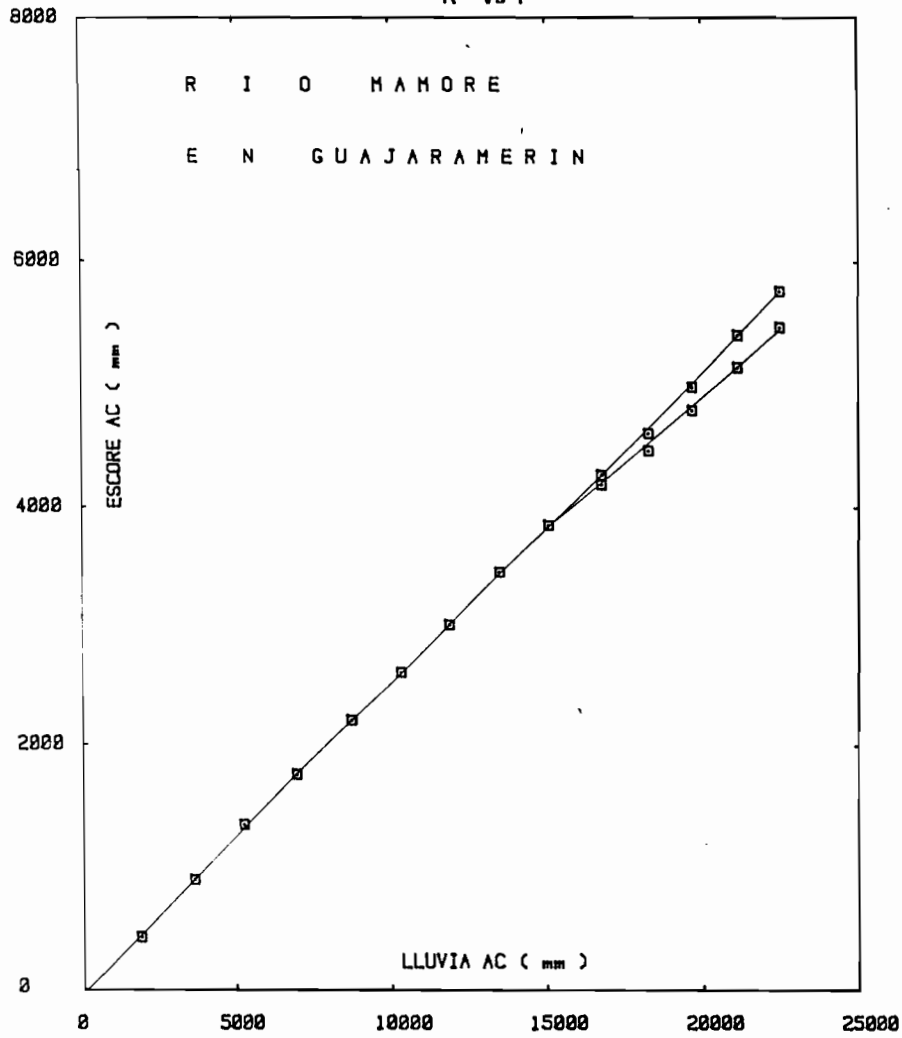


FIG. 2.22

Figura 2.22.

Cuadro 2-44 Cuadro de Escorrentía Media Anual de 15 años Método Langbein

Estación	R K	A Ñ O														
		1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Seringal	0.437	27.598	32.312	32.450	27.770	39.986	45.663	85.133	51.685	44.356	59.015	76.152	17.446	16.173	50.481	26.634
		1.21	1.41	1.42	1.21	1.75	2.0	3.72	2.26	1.94	2.58	3.33	0.76	0.71	2.21	1.16
San Joaquín	0.044	5.0	11.8	7.2	10.4	13.9	17.5	16.5	15.3	13.2	42.2	28.8	17.5	61.0	33.6	79.1
		0.22	0.52	0.32	0.46	0.61	0.77	0.73	0.67	0.56	1.86	2.15	0.77	2.68	1.46	3.48
Trinidad	0.0440	16.44	26.93	14.22	16.98	16.93	32.14	12.98	45.21	32.56	21.11	25.45	9.44	54.82	55.45	76.08
		0.72	1.18	0.63	0.75	0.74	1.41	0.57	1.99	1.43	0.93	1.12	0.42	2.41	2.44	3.35
Magdalena	0.0888	11.2	11.3	14.0	30.2	28.6	14.6	17.6	26.3	13.9	28.9	29.1	19.0	29.6	15.3	77.6
		0.99	1.0	1.24	2.68	2.54	1.30	1.56	2.34	1.23	2.57	2.56	1.69	2.63	1.36	6.89
P.Negras	0.2319	12.199	13.322	15.878	20.748	33.227	12.780	14.058	18.355	13.089	29.122	61.923	28.890	39.617	55.765	39.730
		2.83	3.09	3.68	7.13	7.71	2.96	3.26	4.26	3.04	6.75	14.36	6.70	9.19	12.93	9.21
Santa Ana	0.0013	11.76	36.36	11.98	15.42	20.41	11.31	12.00	11.04	31.71	28.11	14.81	10.69	13.39	56.24	39.00
		0.02	0.05	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.04	0.04	0.02	0.01	0.02	0.07	0.05
Ascensión Guarayos	0.0999	6.213	3.766	5.597	10.487	21.736	24.609	35.732	19.432	13.946	69.139	18.590	31.810	27.090	4.154	4.796
		0.59	0.36	0.53	1.00	2.06	2.34	3.39	1.84	1.32	6.56	1.76	3.20	2.57	3.94	4.55
Concepción	0.0695	8.48	5.12	6.96	4.40	4.21	5.88	18.70	6.24	7.91	8.64	9.80	10.57	12.13	20.66	26.81
		0.59	0.36	0.48	0.31	0.29	0.41	1.30	0.43	0.55	0.60	0.68	0.73	0.84	1.44	1.86
Mato Grosso	0.1774	14.085	9.413	15.338	12.325	50.281	19.571	28.306	50.213	26.275	13.781	21.50	53.904	19.130	14.593	15.711
		2.51	1.67	2.72	2.19	8.92	3.47	5.02	8.91	4.66	2.44	3.81	9.56	3.40	2.59	2.79
San Ig. de Velasco	0.0524	29.24	3.16	5.85	2.62	6.81	5.25	24.63	12.14	7.67	17.21	14.58	10.73	13.61	10.27	25.92
		1.53	0.17	0.31	0.14	0.36	0.28	1.29	0.64	0.40	0.90	0.76	0.56	0.71	0.54	1.36
Pontes E	0.0535	18.330	12.619	21.340	15.423	40.798	26.743	43.910	38.439	26.538	22.468	31.702	32.112	33.069	24.827	33.411
		0.98	0.67	1.14	0.82	2.18	1.43	2.35	2.06	1.42	1.20	1.70	1.72	1.77	1.33	1.79

Continúa ...

Cuadro 2-44

b.

Estación	R K	A Ñ O														
		1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
San Miguel	0.0244	7.66	2.49	3.83	5.57	6.62	0.91	12.01	10.32	4.79	17.00	9.70	6.01	14.44	26.47	20.48
		0.17	0.06	0.09	0.12	0.15	0.02	0.27	0.23	0.11	0.38	0.22	0.13	0.32	0.59	0.46
San Julián	0.0200	34.08	3.799	6.60	2.52	8.59	6.89	28.15	12.07	6.89	17.04	6.14	13.98	15.94	10.79	34.89
		0.68	0.08	0.13	0.05	0.17	0.14	0.66	0.24	0.14	0.34	0.12	0.28	0.32	0.22	0.70
Tres Cruces	0.010	2.34	2.33	3.24	2.33	2.61	2.58	3.310	4.67	4.181	6.30	6.13	5.61	13.59	12.68	9.895
		0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.140	0.130	0.100
Quimone	0.0076	4.97	4.55	2.046	3.493	2.505	2.258	5.010	3.42	2.43	4.16	4.66	7.30	7.09	5.50	16.12
		0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.06	0.05	0.04	0.120
San José	0.0145	6.05	5.44	2.07	5.49	8.92	2.78	9.17	5.28	3.00	5.47	2.27	14.11	5.19	30.19	29.82
		0.09	0.08	0.03	0.08	0.130	0.04	0.130	0.080	0.040	0.08	0.03	0.20	0.08	0.44	0.43
Santa Cruz	0.0027	4.57	6.98	2.42	3.93	6.62	4.23	15.17	13.88	9.22	36.90	9.80	9.91	15.92	69.21	62.31
		0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.04	0.02	0.10	0.03	0.03	0.04	0.19	0.17
San Javier	0.0216	13.31	2.19	4.27	7.60	10.15	9.99	21.79	13.20	19.16	34.07	23.02	14.74	31.39	39.32	85.49
		0.29	0.05	0.09	0.16	0.22	0.22	0.47	0.29	0.41	0.74	0.50	0.32	0.68	0.85	1.58
<b>Total</b>		<b>13.48</b>	<b>10.82</b>	<b>12.89</b>	<b>17.18</b>	<b>27.93</b>	<b>16.86</b>	<b>24.75</b>	<b>26.37</b>	<b>17.39</b>	<b>28.16</b>	<b>33.27</b>	<b>27.02</b>	<b>28.56</b>	<b>32.79</b>	<b>40.32</b>



El resultado de Caudales para los Ríos Itenez y Mamoré se muestra en el siguiente Cuadro (Metodo Langbein)

Año	R (m m)	Q (m <sup>3</sup> /S)
68	36.88	2.768.09
69	69.10	5.186.42
70	55.04	4.131.12
71	55.84	4.191.17
72	51.99	3.902.20
73	59.74	4.483.89
74	54.46	4.987.59
75	55.28	4.149.13
76	62.44	4.686.54
77	72.23	5.421.35
78	51.58	3.871.42
79	44.43	3.334.77
80	65.88	4.944.74
81	89.41	6.710.82
82		

Año	R (mm)	Q (m <sup>3</sup> /S )
68	13.483	1.254.18
69	10.82	1.006.69
70	12.89	1.199.28
71	17.18	1.598.43
72	27.93	2.598.60
73	16.86	1.568.65
74	24.75	2.302.74
75	26.37	2.453.46
76	17.39	1.617.96
77	28.16	2.620.00
78	33.27	3.095.44
79	27.02	2.513.94
80	28.56	2.657.22
81	32.79	3.050.78
82	40.32	3.751.37

Caudal medio de la cuenca del Mamoré  $\bar{Q}_{14} = 4.419.23 \text{ m}^3/\text{S}$

Caudal medio de la cuenca del Itenez  $Q_{15} = 2.219.25 \text{ m}^3/\text{S}$

El caudal medio para cuenca del río Mamoré es de  $Q_m = 4.346.49 \text{ m}^3/\text{S}$ , el caudal obtenido por el método empírico de Langbein es  $Q_E = 4.419.23 \text{ m}^3/\text{S}$ , existe una diferencia en porcentaje de 1.67 %. En la cuenca del río Itenez el caudal medio es de  $Q_m = 2.372.0 \text{ m}^3/\text{S}$  y el generado es  $Q_E = 2.219.06$ , hay una diferencia de 6.4 %. Los resultados obtenidos se puede concluir que están dentro del orden de magnitud. Sin embargo, estos resultados se seguirán discutiendo en el cálculo del balance hídrico.

#### Estación de aforo Guayaramerín.

El DNAEE y DCRH del Ministerio de Minas y Energía de la República del Brasil ha tenido la amabilidad de proporcionar en lo posible el máximo de la información, de ahí que es de interés mostrar la curva de calibración y la curva doble acumulada que ha sido contrastada con la precipitación media de las cuencas del Itenez calculado por el método de Thiessen, para completar el período ( 68-82 ) y obtener de esta manera el caudal medio e hidrogramas para 15 años.

#### 2-45 Caudales Medios

Nombre de la Estación	Area de drenaje ( $\text{cm}^2$ )	Período Años	$Q_m$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Pontes E Lacerda	5.765.2	15	50.09
Mato Grosso	15.936.7	15	101.70
Pimenteiras	29.851.170	3	535.69
Pedras Negras	70.158.90	3	972.29
Príncipe Da Beira	293.410.68	3	2.372.0
Guayaramerín	589.497.0	15	7.946.4

## CAPITULO 3

### BALANCE HIDRICO

#### 3.1. Análisis de los componentes que intervienen y su influencia en el cálculo del Balance Hídrico

Los parámetros que intervienen en el balance hídrico para el período de 15 años, se puede ordenar de acuerdo a su confiabilidad y exactitud en el siguiente orden.

- Caudal o Escorrentía
- Precipitación
- Evapotranspiración Real

En el capítulo anterior ya se analizaron estos parámetros en forma detallada.

- El caudal es el componente que en general se mide con más exactitud.

- La precipitación, si bien teóricamente es fácil de medir puntualmente, por problemas de contorno e instalación, el agua captada por los instrumentos es diferente a la que cae realmente sobre el suelo en ese lugar.
- La evapotranspiración es el componente más difícil de determinar en forma directa, su cálculo debe efectuarse utilizando métodos indirectos y el error que involucra utilizar una fórmula debe sumarse al que se comete con los parámetros que intervienen en su cálculo.

### **3.2. Balance Hídrico Superficial**

En el ciclo hidrológico en la naturaleza, o en una porción del mismo debe existir, el principio de conservación de masa, un equilibrio entre las entradas, las salidas y las variaciones del sistema considerado. Las relaciones cuantitativas que se establecen para representar este equilibrio, constituye la formulación del balance hídrico.

Para poder establecer un balance hídrico es imprescindible definir el sistema o porción del mismo al que se aplica y el intervalo de tiempo que se considera.

El balance hídrico para la cuenca del río Itenez comprende un

período de 15 años ( 1968 - 1982 ), se puede considerar que los parámetros que representan las variaciones, regulaciones, infiltración y escorrentía subterránea se compensan con respecto a la ecuación.

$$\bar{P} = \bar{R} + \bar{ETR} + n$$

Siendo :

- $\bar{P}$  = Precipitación en mm
- $\bar{R}$  = Escorrentía superficial en mm
- $\bar{ETR}$  = Evapotranspiración Real en mm
- = Término de discrepancia

El término de discrepancia  $n$  es la diferencia en el balance hídrico, incluyendo los componentes que no fueron tomados en cuenta y los errores de cómputo. Cuando el valor  $n$  es muy grande hay que investigar los mapas de Isolíneas de los parámetros considerados con el propósito de que sea detectada la causa de un % alto de discrepancia.

El término escorrentía en la ecuación debe considerarse como la diferencia entre el caudal efluente de la cuenca y el caudal afluente a la cuenca, o sea :

$$\bar{R} = (\bar{Q}_{so} - \bar{Q}_{si}) \frac{T}{A} \cdot 1.000 \text{ mm}$$

Siendo :

$Q_{so}$  = Caudal efluente de la cuenca en  $m^3/S$

$Q_{si}$  = Caudal afluente a la cuenca

$T$  =  $31.536 \times 10^6 S$

$A$  = Area de la cuenca en  $10^6 m$

$Q_{si} = 0$  Cuando no hay aportes de cuencas vecinas o cuando es cabecera de cuenca.

Los términos  $P$ ,  $ETR$ ,  $Q_{so}$ ,  $Q_{si}$  corresponden al promedio anual del período considerado.

El método general para obtener los parámetros en valor medio es el trazado para cada región o cuenca de Isolíneas de precipitación, Isotermas e Isolíneas de Evapotranspiración Real.

### 3.3. Balances Hídricos según los Antecedentes Existentes

La cuenca del río Itenez para el cálculo del Balance Hídrico de acuerdo a los parámetros existentes se ha dividido en sub cuencas. Las que tienen control fluviométrico y las que no la tienen, cada una de ellas se subdividirá según tenga o no controles que midan los otros parámetros.

El orden para realizar el balance hídrico de una cuenca dividida en sub cuencas será desde aguas arriba hacia aguas abajo.

En el estudio de la cuenca del río Itenez se tiene los siguientes casos.

- i) Cuencas con control fluviométrico
  - Cuencas con antecedentes de R, P, ETR
  - Cuencas con antecedentes de R y P
  
- ii) Cuencas sin control fluviométrico
  - Cuencas con antecedentes de P y ETR

Además de estos casos, se analizan cuencas con parte importante de su área cubierta de agua.

### **3.3.1. Cuencas con control fluviométrico**

A lo largo del río Itenez hay cinco estaciones que tienen control fluviométrico en las cuales se ha determinado, R, utilizando estadísticas observadas o ampliadas.

Cuencas con antecedentes de escorrentía, precipitación y evapotranspiración real.

Las sub cuencas Pontes E Lacerda y Mato Grosso tiene los antecedentes P, R, ETR, en consecuencia la ecuación simplificada, para un período largo de tiempo es :

$$P = R + ETR + n \text{ ( mm ) } \quad ( 1 )$$

Los valores de precipitación y evapotranspiración real se obtiene de los mapas de Isoyetas y de Isolíneas de ETR. La R es el parámetro más confiable, luego no se corrige cuando hay una diferencia grande en la ecuación

$$R = ( P - ETR ) + n$$

hay un término correctivo que tendrá que repartirse entre P y ETR, lo que equivale a modificar el trazado de mapas de Isoyetas, de Isotermas y de Isolíneas de Evapotranspiración real. Esta corrección se efectuará después de una detallada investigación de la precipitación y ETR y de posibles factores no considerados.

Cuencas sin control fluviométrico. En este estudio las sub cuencas del río Baures e Itonomas no cuentan con control fluviométrico, el valor R se calcula con la precipitación y ETR.

$$R = P - ETR$$



esta fórmula no se la considera en este estudio. Las subcuencas mencionadas tienen gran parte de su área cubierta por bañados.

### **2.3.2. Cuencas con Parte Importante de su Área Cubierta por las Aguas**

La cuenca del río Itenez tiene gran parte de su área cubierta por bañados, el balance hídrico superficial puede quedar falseado si no se consideran separadamente la superficie no inundada de la inundada.

Separando ambas se tiene :

$$A_T = A_S + A_L$$

Siendo :

$A_T$  = Área total de la cuenca

$A_S$  = Área de suelo no inundada

$A_L$  = Área del lago, embalse o pantano

Se considerará que no hay aportes de cuencas vecinas y la regulación es cero.

Efectuando el Balance en términos de altura de agua se tendrá :

$$\frac{P_S A_S + P_B A_L}{A_T} = R + \frac{ETR_S A_S + E_L A_L}{A_T} \quad ( 2 )$$

$P_S$  = Precipitación suelo

$P_B$  = Precipitación bañados

$ETR_S$  = Evapotranspiración real suelo

$E_B$  = Evaporación bañados

La ecuación ha sido utilizada para las sub cuencas Mato Grosso, Pimenteiras, Pedras Negras, Baures, Itonomas y Príncipe Da Beira.

### 3.4. Balance Hídrico Acumulado Sub Cuencas

#### 3.4.1. Sub Cuenca Pontes E Lacerda

La sub cuenca se encuentra ubicada aproximadamente entre los  $14^{\circ}22'$  y  $15^{\circ}50'$  de latitud sur y  $58^{\circ}30'$  y  $59^{\circ}30'$  de longitud oeste. Políticamente la sub cuenca pertenece a la República del Brasil, cubriendo una superficie de  $5.765 \text{ Km}^2$ . El clima de esta zona según Koppen es  $A_W$  ( Tropical de sabana con invierno seco ).

En términos anuales las Isolíneas de temperatura media anual de la sub cuenca varía de  $22^{\circ}\text{C}$  a  $24^{\circ}\text{C}$ .

El régimen pluviométrico se caracteriza por precipitaciones de tipo frontal y las Isoyetas tienen una distribución espacial de 1400-1700 mm.

La morfología de la cuenca da una información complementaria de comportamiento hidrológico y conviene precisarlo. Las características físicas de la cuenca, como forma y dimensión del área de drenaje. Las pendientes del lecho del río, los desniveles y longitudes, la densidad de la red de drenaje y otras propiedades nos permiten deducir las diferencias esenciales y similitudes entre regiones.

Los valores encontrados es solamente una información complementaria en este proyecto y para ello se ha utilizado el mapa físico en escala 1: 1.000.000.

### Indice de compacidad

$$I_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P = Perímetro de la cuenca Km<sup>2</sup>

A = Área de drenaje en Km<sup>2</sup>

$$I_c = 0.28 \frac{350}{\sqrt{5765}} = 1.29$$

**Densidad de Drenaje**

$$D = \frac{L}{A}$$

L = Longitud total de ríos

A = Area de la cuenca

$$D = \frac{542.5}{5765} = 0.094$$

**Extensión media del escurrimiento superficial**

$$E_m = \frac{A}{AL}$$

$$E_m = \frac{5765}{4 \times 542.5} = 2.657$$

**Pendiente Media del río principal**

$$I = \frac{H_M - H_m}{1.000 \text{ l}}$$

$H_M$  = Altura Máxima

$H_m$  = Altura mínima

hasta el punto de aforo la longitud principal del río es 140 Km. La subcuenca en estudio tiene antecedentes de P, ETR, R, se obtiene los valores medios anuales de los mapas de Isoyetas e Isolíneas a evapotranspiración real.

P ( mm )	ETR ( mm )	Q ( m <sup>3</sup> )	R ( mm )	A ( km <sup>2</sup> )
1.493.14	1.225	50.09	274	5765

Balance Hídrico superficial :

$$P = R + ETR + n$$

$$1.493.14 = 274 + 1.225 +$$

$$= 5.83 \text{ mm}$$

#### 3.4.2. La diferencia con relación a P : 0.39 %

**Sub Cuenca Mato Grosso.** Tiene una ubicación aproximada entre los 14°22' y 17°00' de latitud sur, 58°30' y 60°30' de longitud oeste. Políticamente la sub cuenca pertenece

a la República del Brasil con una superficie de  $21.701.70 \text{ Km}^2$ , con una altura de 250 m.

En las serranías de Aguapehi y Santa Bárbara prácticamente nace el río Itenez con el nombre de río Alegre, en la zona de llanura de la sub cuenca se encuentran los bañados que tiene influencia en el balance hídrico.

El clima en esta zona es tropical siempre húmedo (Af) en la parte boliviana. En lo que corresponde a la República del Brasil el clima es tropical de sabana con invierno seco ( $A_W$ ). Según Kopeen. La temperatura media anual varía de  $24^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$  en el mapa de Isotermas. La precipitación es generalmente de tipo frontal, la variación de las Isoyetas medias anuales es de 1.200 - 1.600 mm, estos valores tienen una correspondencia con el atlas climatológico del Brasil.

La morfología de la cuenca se presenta en el siguiente cuadro :

$I_c$	$D_d$	$E_m$	$I_r$
1.487	0.095	2.610	$1.246 \times 10^{-3}$

La longitud del río principal es de 195 Km.

Los parámetros evaluados P, ETR, E, R, en valor medio anual se obtiene de los respectivos mapas elaborados para este propósito.

$A_T(Km^2)$	$A_s(Km^2)$	$A_B(Km^2)$	$P_m$ (mm) acumulad.	$P_B$ (mm)	ETR(mm)	ETR (mm) acumulado	E(mm)	$Q(m^3/S)$	R/ (mm)
21.707.70	14.016.7	7.685.0	1.435.5	1.350	1.197.86	1.204.73	1.248.4	101.70	147.4

La subcuenca Mato Grosso tiene gran parte de su superficie cubierta por agua, el balance hídrico superficial hasta el punto de control es acumulado es decir, interviene los aportes de la sub cuenca Pontes E Lacerda.

Aplicando la ecuación 2.

$$\frac{1435.5 \times 14016.7 + 1350 \times 7685}{21701.70} = 147.78 + \frac{1204.73 \times 14016.7 + 1248.4 \times 7685}{21701.70}$$

$$1.405.22 \text{ mm} = 1.367.97 \text{ mm}$$

La diferencia es 37.24 mm en porcentaje con relación a P: 2.65 %

**3.4.3. Sub Cuenca Pimenteiras.** La sub cuenca se encuentra ubicada aproximadamente entre los 13°00' y

17°00' de latitud sur, 58°30' y 61°00' de longitud oeste, el río Itenez hasta este punto de control se encuentra entre las serranías de Huanchaca ( Bolivia ) y Dos Parecis ( Brasil), la sub cuenca tiene una superficie de 51.552.87 Km<sup>2</sup>.

El clima de la zona según Koppen en la parte boliviana es tropical de sabana con invierno seco. A<sub>W</sub> y tropical siempre húmedo Af en las zona de las serranías y en la parte del Brasil es A<sub>W</sub>.

La temperatura media anual de acuerdo al mapa de Isolíneas varía de 22°C a 23°C y en el llano de 24°C a 25°C. Las precipitaciones son generalmente de tipo frontal, en esta zona se presentan las precipitaciones más altas de la sub cuenca que varía de acuerdo al relieve, en las zonas bajas la precipitación es de 1.200 mm y en la parte de las serranías alcanza los 1.900 mm.

Las características morfológicas se presenta en el siguiente cuadro.

I <sub>c</sub>	D <sub>d</sub>	E <sub>m</sub>	Longitud del río Principal (Km)
1.591	0.087	2.85 d	425



La sub cuenca Pimenteiras tiene antecedentes de P, ETR, E, el balance hídrico superficial se calculará con la relación 2.

$A_T$ (Km <sup>2</sup> )	$A_B$ (Km <sup>2</sup> )	$A_s$ (Km <sup>2</sup> )	$P_m$ (mm) acumul.	$P_L$ (mm)	ETR (mm)	ETR (mm) acumulad.	E (mm)	$Q_M$ (m <sup>3</sup> /S 3 años)
51552.87	8415.0	43137.87	1583.26	1394.52	1222.2	1215.00	1248.4	535.69

Aplicando la ecuación ( 2) del balance : donde R es incógnita

$$R = 331.99 \text{ mm}$$

El caudal será :

$$Q = \frac{331.99 \times 51.552.87}{31536} = 542.73 \text{ m}^3/\text{S}$$

El caudal medido es :

$$Q_m = 535.69 \text{ m}^3/\text{S}$$

La diferencia es porcentaje con relación a  $Q_m$  - 1.31 %, es una diferencia pequeña, el dato de caudal es de un período corto, pero

el caudal obtenido mediante el balance hídrico se aproxima al caudal medido.

**3.4.4. Sub Cuenca Pedras Negras.** La sub cuenca se encuentra ubicada entre los  $11^{\circ}50'$  y  $17^{\circ}00'$  de latitud sur,  $58^{\circ}30'$  y  $62^{\circ}30'$  de longitud oeste y tiene una superficie de  $121.711.70 \text{ Km}^2$  desde aguas arriba.

El clima según Koppen es tropical siempre húmedo ( Af ) en el norte de la sub cuenca, en la parte media es tropical de sabana con invierno seco (  $A_W$  ) en lo que corresponde a la República del Brasil el clima es también (  $A_W$  ).

La temperatura media en la cuenca varía de  $24^{\circ}\text{C}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ , se nota una separación interesante de las Isolíneas de temperatura a la altura del paralelo  $14^{\circ}30'$ , hacia el norte hay una variación de  $24^{\circ}\text{C}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ , en esta zona el clima es tropical siempre húmedo y las precipitaciones medias anuales varía de 1.500 - 1.700 mm, en la parte sur del paralelo  $14^{\circ}30'$  la temperatura varía de  $24^{\circ}\text{C}$  a  $25^{\circ}\text{C}$  pero la diferencia es que las precipitaciones son menores de 1.200 - 1.500 mm y el clima es tropical de sabana con invierno seco, esta observación permite confirmar la clasificación de Koppen.

La sub cuenca Pedras Negras tiene las siguientes características geomorfológicas.

$I_c$	$D_d$	$E_m$	Longitud del río Principal (Km)
1.372	0.076	3.284	625

Los antecedentes de la sub cuenca Pedras Negras son P, ETR, E, la escorrentía es nuestro problema en el cálculo del balance hídrico superficial, se determinará un caudal por balance y se discutirá el resultado con el caudal medido.

$A_T(Km^2)$	$A_B(Km^2)$	$A_s(Km^2)$	$P_m(mm)$	$P_L(mm)$	ETR(mm)	ETR(mm)	E(mm)	$Qm^3/S$
			acumul.					(3 años)
121711.77	1545.0	106261.8	1547.9	1377.2	1235.7	1226.92	1333.0	972.29

Aplicando la ecuación ( 2 ) donde R es incógnita :

$$R = 285.85 \text{ mm}$$

Luego el caudal será

$$Q_B = \frac{285.85 \times 121.711.70}{31.536} = 1.103.79 \text{ m}^3/s$$

La sub cuenca Pedras Negras tiene una superficie de 121.711.77 Km<sup>2</sup> y es necesario utilizar una relación empírica para encontrar un caudal para contrastar con el caudal por balance y caudal medido; consiste en encontrar un caudal empírico en función de un caudal medido en este caso el de Príncipe Da Beira  $Q = 2.372 \text{ m}^3/\text{S}$  y la precipitación media de dos sub cuencas con características similares.

$$Q_E = \frac{1547.9}{1503.08} \times \frac{121.711.70}{293.410.08} \times 2372.9 = 1013.28 \text{ m}^3/\text{S}$$

La diferencia del  $Q_M$  y  $Q_B$  es : 13.46 %

La diferencia del  $Q_E$  y  $Q_B$  es : 8.87 %

La diferencia del  $Q_M$  y  $Q_E$  es : 4.21 %

Si bien es cierto que las discrepancias son relativamente altas, están dentro de las normas exigidas; el resultado del balance previamente ha seguido un proceso de ajuste de las Isoyetas, Isolíneas de evapotranspiración real. En conclusión el balance hídrico superficial para la sub cuenca Pedras Negras está dentro de lo aceptable si se tiene en cuenta la carencia de datos.

**3.4.5. Sub Cuenca del río Itenez Bajo.** La sub cuenca se encuentra ubicada entre los 11°30' y 13°10' de latitud sur, 62°00' y 64°00' de longitud oeste. Políticamente la sub

cuenca pertenece a la República del Brasil y su área de drenaje desde aguas arriba 151.941.77 Km<sup>2</sup> en valor acumulado con las otras sub cuencas ya estudiadas.

La sub cuenca se encuentra en llanura en altura aproximada de 250 m.s.n.m.

Según Koppen el clima es tropical húmedo con corta sequía ( A m ). La temperatura en los mapas respectivos varia de 24°C a 26°C y la precipitación de 1.600 a 1.900 mm.

La morfología de la sub cuenca es la siguiente :

$I_c$	$D_d$	$E_m$	Longitud del río Principal (Km)
1.454	0.072	3.470	845

La Sub cuenca del Itenez bajo es el punto de confluencia de los ríos Itonomas, San Miguel.

Para el cálculo del balance hídrico superficial la sub cuenca tiene antecedentes de P, ETR, el valor de R se calculará por balance.

$A_T(\text{km}^2)$	$A_B(\text{km}^2)$	$A_S(\text{km}^2)$	$P_M(\text{mm})$	$P_L(\text{mm})$	ETR(mm)	E(mm)	E
151941.7	18455.0	133486.8	1584.8	1413.41	1250.5	1333.5	1333.5

Aplicando la ecuación ( 2 ) donde R es incógnita :

$$R = 303.45 \text{ mm}$$

El caudal será :

$$Q = \frac{303.45 \times 151.941.77}{31536} = 1.402.62 \text{ m}^3/\text{s}$$

El valor del caudal de la sub cuenca se discutirá, cuando se cal  
cule el caudal para el río Itonomas y Baures.

**3.4.6. Sub Cuenca Río Itonomas.** La sub cuenca se encuentra ubicada hasta la confluencia de los ríos Baures e Itonomas aproximadamente entre los  $12^{\circ}26'$  y  $18^{\circ}14'$  de latitud sur  $60^{\circ}5'$  y  $65^{\circ}8'$  de longitud oeste. Políticamente la sub cuenca pertenece a Bolivia, tiene un área de drenaje de  $70.610 \text{ km}^2$ .

El río Itonomas nace con el nombre de río Blanco y luego toma el nombre de río San Miguel, en la confluencia lleva el nombre de

río Itonomas.

La sub cuenca tiene 3 tipos de clima, tropical siempre húmedo ( Af ), tropical de sabana con invierno seco (  $A_W$  ) y estepa con invierno seco muy caliente  $B_SWh'$ .

La distribución espacial de las Isotermas en la sub cuenca varía de  $23^{\circ}C$  a  $25^{\circ}C$  en el sur de la sub cuenca y en la parte norte de  $23^{\circ}C$  a  $26^{\circ}C$ . La parte alta de la cuenca tiene precipitaciones de 1.000 a 1400 mm y la parte baja de 1400 a 1700 mm.

La morfología se la sub cuenca es la siguiente :

$I_c$	$D_d$	$E_m$	Longitud del río Principal (Km)
1.992	0.060	4.200	860

La sub cuenca tiene antecedentes d precipitación, evapotrasnpi-ración real.

$A_T(Km^2)$	$A_B(Km^2)$	$A_s(Km^2)$	$P_m(mm)$	$P_L(mm)$	ETR(mm)	E(mm)
70610	7485	63125	1386.7	1100	1199.24	1278.8

Aplicando la ecuación N<sup>o</sup> 2 donde R es incógnita

$$R = 148.69 \text{ mm}$$

$$Q = 332.91 \text{ m}^3/\text{S}$$

**3.4.7. Sub Cuenca Río Baures.** La subcuenca se encuentra ubicada aproximadamente entre los 12<sup>o</sup>26' y los 16<sup>o</sup>30' de latitud sur, 61<sup>o</sup>8' y 64<sup>o</sup>16' de longitud oeste, la sub cuenca se encuentra en territorio nacional, cubre un área de drenaje de 70.858.4 km<sup>2</sup>.

El río Baures tiene como principales afluentes el río San Martín, río Negro, río San Joaquín y río Agua Caliente.

El clima en esta zona es tropical de sabana con invierno seco. La temperatura va de 24<sup>o</sup>C a 25<sup>o</sup> y la precipitación media anual  $A_w$  1.200 a 1.700 mm.

$l_c$	$D_d$	$E_m$	Longitud del río Principal (Km)
1.362	0.067	3.721	605



La sub cuenca cuenta con antecedentes de P, ETR, E, mediante balance se calculará el caudal del río Baures.

$A_T(\text{km}^2)$	$A_S(\text{km}^2)$	$A_B(\text{km}^2)$	$P_m(\text{mm})$	$P_L(\text{mm})$	ETR (mm)	E(mm)
70858.4	68153.4	2705.0	1443.76	1250	1.186.86	1278.22

Aplicando la ecuación ( 2 ) donde R es incógnita.

$$R = 245.95 \text{ mm}$$

Luego el caudal será

$$Q_B = 552.60 \text{ m}^3/\text{S}$$

El caudal que tiene la sub cuenca del río Itenez es de 2372  $\text{m}^3/\text{S}$  en el punto de control Príncipe Da Beira que es el punto de confluencia de los ríos Itenez, Baures e Itonomas.

Estas sub cuencas carecen de datos de caudales, pero es posible comparar la suma de caudales de estas tres sub cuencas con el caudal medido en Príncipe Da Beira.

154.

Caudal del río Baures calculado por Balance Hídrico  $Q_B = 552.63 \text{ m}^3/\text{S}$

Caudal del río Itonomas calculado por Balance Hídrico  $Q_{It} = 332.91 \text{ m}^3/\text{S}$

Caudal del río Itenez bajo calculado por Balance Hídrico  $Q_{Ib} = 1462.03 \text{ m}^3/\text{S}$

$$Q_T = Q_B + Q_{It} + Q_{Ib}$$

$$Q_T = 552.63 + 332.91 + 1462.03 = 2347.6 \text{ m}^3/\text{S}$$

El caudal medido es

$$Q_M = 2372.0 \text{ m}^3/\text{S}$$

La discrepancia con relación al caudal medido es 1.028 %.

**3.4.8. Cuenca del río Itenez.** La cuenca ya se describió en el primer capítulo, solamente se presenta la discusión del Balance acumulado.

Las características geomorfológicas de la cuenca es :

$I_c$	$D_d$	$E_m$	Longitud del río Principal
1261	0.070	3538	965

La cuenca del río Itenez tiene antecedentes de P, ETR, E, el valor del caudal es el de Príncipe Da Beira y el obtenido por el método empírico de Langbein.

$A_T(\text{km}^2)$	$A_S(\text{km}^2)$	$A_B(\text{km}^2)$	$P_M(\text{m})$	$P(\text{mm})$	ETR(mm)	E(mm)	$Q(\text{m}^3/\text{S})$
293410.08	264765.08	28645	1503.8	1316.09	1222.8	1305.9	2372.0

$$\frac{1503.8 \times 264765.08 + 1316.09 \times 28645}{293410.08} = R + \frac{1222.8 \times 264765.08 + 1305.9 \times 28645}{293410.08}$$

$$R = 254.5 \text{ mm}$$

Luego el caudal es

$$Q_B = 2368.39 \text{ m}^3/\text{S}$$

$$\text{Caudal por Balance : } Q_B = 2368.39 \text{ m}^3/\text{S}$$

$$\text{Caudal Medido : } Q_M = 2372 \text{ m}^3/\text{S}$$

$$\text{Caudal de Langbein : } Q_E = 2219.6 \text{ m}^3/\text{S}$$

La diferencia en % de los tres valores es

$Q_B$  y  $Q_M$  : 0.15 % respecto al caudal del Balance es un valor bajo, pero hay que considerar que el caudal en Príncipe Da Beira es para un período de 3 años.

$Q_B$  y  $Q_E$  : 6.28 % respecto al caudal del Balance es un valor más aceptable de que exista este % de discrepancia, pues el caudal calculado por el método de Langbein es para 15 años.

$Q_M$  y  $Q_E$  : 6.42 % respecto al caudal medido. En conclusión se puede afirmar que el balance hídrico superficial de la cuenca del río Itenez es aceptable dentro de las limitaciones expuestas en el desarrollo del texto.

## CAPITULO 4

### 4.1. Conclusiones y Recomendaciones

El Balance Hídrico superficial de la cuenca del río Itenez da los siguientes resultados.

**Cuadro 4-1 Resultados del Balance Hídrico Superficial**

Sub Cuenca	P(mm)	ETR(mm)	E(mm)	R(mm)	Q=m <sup>3</sup> /S	q(l/s/Km <sup>2</sup> )
Pontes e Lacerda	1493.14	1225	-	274	50.09	8.69
Mato Grosso	1435.50	1204.73	1248.4	147.78	101.70	4.68
Pimenteiras	1583.20	1222.2	1248.4	331.99	542.73	10.53
Pedras Negras	1547.90	1235.7	1333.0	285.8	1103.79	9.07
Itenez Bajo	1584.80	1250.5	1333.0	303.45	1402.62	9.23
Baures	1443.76	1186.86	1278.8	245.95	556.60	7.86
Itonomas	1386.70	1199.24	1278.8	148.69	332.91	4.71
Cuenca Itenez	1503.8	1222.8	1305.9	254.5	2368.4	8.07

Con los resultados del Balance se presenta el siguiente cuadro.

CUADRO 4-2

País : Bolivia												
BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA : RIO ITENEZ												
Sub Cuenca	Area de drenaje	Precipitación $\bar{P}$	Escorrentía $\bar{R}$			Evapotranspiración real $E\bar{T}R$			Discrepancia $\bar{P} - \bar{R} - E\bar{T}R$		Coeficiente de escurrimien.	
(Acumulado)	Km <sup>2</sup>	mm	Km <sup>3</sup>	l/S/Km <sup>2</sup>	mm	Km <sup>3</sup>	mm	Km <sup>3</sup>	mm	Km <sup>3</sup>	%	R/P
Pontes E Lacerda	5765	1493.14	8.61	8.69	274	1.58	1225.0	7.06	- 5.83	0.03	0.39	0.184
Mato Grosso	21701	1435.5	31.15	4.68	147.78	3.207	1197.86	25.99	41.66	0.90	2.65	0.103
Pimenteiras	51553	1583.26	81.62	10.53	331.99	17.12	1222.2	63.00	-	-	1.31*	0.210
Pedras Negras	121712	1547.9	188.40	9.07	285.8	34.79	1235.7	150.40	-	-	13.46*	0.180
Itenez Bajo	151942	1584.80	240.8	9.23	303.45	46.11	1250.5	190.00	-	-	1.03.	0.190
Itonomas	70610	1386.7	97.9	4.71	148.69	10.50	1199.24	84.68	-	-	1.03.	0.107
Baures	70858	1443.7	102.3	7.86	245.95	17.43	1186.86	84.09	-	-	1.03.	0.170
<b>Itenez</b>												
(Total Acumulad)	293410	1503.8	441.23	8.07	254.5	74.64	1222.8	358.78	-	-	0.15	*0.170

\* Valores de discrepancia con relación a caudal medido para un período corto

. Valor de discrepancia en la confluencia de los tres ríos.

#### 4.2. Evaluación de los parámetros

- El análisis de la información hidrometeorológica para el estudio del balance hídrico superficial de la cuenca del río Itenez ha sido producto de un análisis exhaustivo.

El contar con los parámetros para efectuar este estudio ha sido dificultoso ( recolección de información del Brasil, análisis de los datos). Al igual que adoptar un criterio para resolver los mismos, y concluir el proyecto.

Los resultados obtenidos son de carácter preliminar pero están dentro del orden de magnitud esperados, puesto que las sub cuencas estudiadas en general tienen valores de discrepancia bajos.

- Es necesario explicar los parámetros utilizados y los resultados obtenidos para una mejor comprensión de la manera como se ha encarado el estudio.

Se han utilizado 11 estaciones de pluviometría dentro de la cuenca pero que no están dentro de una red básica aceptable y 24 estaciones auxiliares que no tienen una distribución uniforme como se puede apreciar en el mapa 1. La información de pluviometría cuenta con períodos de más de 30 años en lo que corresponde a la parte boliviana. La información de la República del Brasil tiene registros cortos,

pero lo importante es que ha implementado una red nueva a partir del año 1982 en el límite internacional de 12 estaciones pluviométricas. La información pluviométrica ha seguido un proceso de análisis, completando las series faltantes con los métodos de correlación y posterior verificación con el análisis de consistencia. En general los valores de la precipitación media anual no han sido modificadas al so meterlas al análisis de consistencia, los gráficos de las curvas dobles acumuladas no presentan quiebres en la mayoría de las estaciones pluviométricas analizadas, en aquellas donde ha sido necesario corregirlas se ha procedido con mucho cuidado haciendo comparaciones con estaciones vecinas, en muchos casos se ha consultado la fuente de origen de los datos y se ha recurrido a los mapas : Físico, Ecológico y Vegetación, para detectar zonas con características similares.

- En cuanto a la evaluación de la precipitación espacial en la zona de llanura el trazado de las Isoyetas no ha presentado problemas pues el relieve es uniforme.

El perfil pluviométrico no ha sido posible utilizarlo en las serranías, porque la distribución de estaciones están en alturas menores a los 550 m por lo que se ha tenido que trazar las Isoyetas con valores medios de las estaciones auxiliares y el atlas climatológico del Brasil y las curvas de Isoyetas han sido definidas de acuerdo al relieve de la zona, en las sub cuencas Pimenteiras y Pedras Negras.



- La evapotranspiración real ha sido el parámetro más difícil de evaluar, para ello se han utilizado diferentes métodos, siendo necesario distinguir entre superficies cubiertas por las aguas y la parte correspondiente a zonas no anegadas.

La parte cubierta de agua se ha analizado con la fórmula de Penman y los resultados obtenidos se han comparado con un tanque evaporímetro del tipo "A", obteniéndose buenos resultados. La superficie cubierta por vegetación se ha analizado por la fórmula de Turc, pues al efectuar el balance hídrico superficial de la cuenca se ha obtenido un 30 % de discrepancia, por lo que se ha buscado otra alternativa, la de utilizar el método de Thornthwaite que da valores más altos de ETR y baja el % de discrepancia. Este análisis se ha efectuado para una sub cuenca modelo, la del río Itonomas por contar con datos de precipitación y temperatura y para completar el trazado de las Isolneas de ETR se ha encontrado un coeficiente de corrección a la fórmula de Turc.

- La aplicación de la fórmula de Thornthwaite es la más adecuada en la llanura, al coincidir con los resultados obtenidos para el límite de la cuenca con el Brasil y la cuenca del río Madre de Dios.
- La escorrentía es el parámetro que se pudo evaluar con más exactitud, pero el inconveniente que la red fluviométrica es nueva por lo

que se tienen series demasiadas cortas, las mismas que sirven sólo para fines de comparación con los resultados obtenidos por el balance.

- Las discrepancias obtenidas en las subcuencas dan valores bajos, exceptuando la sub cuenca Pedras Negras que da un valor alto, la explicación es que la densidad de estaciones pluviométricas es escasa.

#### 4.2.1. Análisis de los Resultados

- El mapa 1 presenta el trazado de Isoyetas de la precipitación media anual y muestra una variación gradual en la llanura de 1000 mm a 1600 mm aumentando estos valores en las serranías Dos Parecis y Huanchaca de 1600 mm a 2000 mm, en general la distribución es uniforme en la cuenca.
- En el mapa 2 aparecen las Isotermas y las estaciones termométricas utilizadas. Se observa el ingreso de las masas de aire caliente y húmedo amazónico, por el Valle y escudo brasileño con valores de  $27^{\circ}\text{C}$  en Magdalena y San Joaquín disminuyendo gradualmente a  $23^{\circ}\text{C}$  en el paralelo  $14^{\circ}30'$  por la influencia del relieve ( perfil térmico); en Ascensión Guarayos hacia el sur de la cuenca la temperatura nuevamente empieza a subir gradualmente a  $26^{\circ}$ .

- En el mapa 3, se observa un aumento de la ETR en la llanura de sur a norte de 1100 mm a 1400 mm, en lo que corresponde a las serranías los valores de ETR varía de 1200 mm a 1350 mm.

La evaporación de los bañados se ha calculado puntualmente por la fórmula de Penman.

- En el mapa 4 de caudales específicos, se esquematiza la variación de los mismos, en la cabecera de la cuenca en Pontes E Lacerda el río es de régimen torrencial, aguas abajo en Mato Grosso el río Itenez ya se encuentra en la llanura y es de régimen laminar. ( Ver Hidrogramas)
- Con el fin de facilitar el análisis global de los resultados, se confeccionó el cuadro ( 4 - 2 ), en el que aparecen los promedios espaciales medios de la precipitación, escorrentpia y evapotranspiración real por sub cuencas y el total de la zona estudiada los valores de discrepancia en su orden de magnitud son aceptables. En la sub cuenca Pedras Negras el % de  $n$  con relación al caudal medido para un período corto es de 13,42 %, no fue posible contar con la curva de descarga para verificar los caudales en este punto de control por lo que el ajuste se realizó por aproximaciones sucesivas.
- Los valores del coeficiente de escurrimiento son bajos debido a que

se toma el valor medio de las estadísticas disponibles.

#### 4.3. Recomendaciones

- La evaluación preliminar del recurso hídrico en la cuenca del río Itenez mediante el balance hídrico superficial permite comprender varios aspectos que necesitan urgente atención de las organizaciones nacionales que están encargadas de manejar el recurso agua.
- La red hidrometeorológica se debe implementar en puntos que son de interés nacional y de esta manera lograr una red simultánea con el Brasil, a fin de no crear un desfase con la red pluviométrica y pluviométrica y de esta manera lograr un período común de información para el estudio de futuros proyectos en el área.
- Es imprescindible la instalación de estaciones del tipo termo-pluviométrico en las sub cuencas del río Baures y Pedras Negras; la falta de estas estaciones crea incertidumbre, pues ya se tiene que trabajar con esta información para definir con certeza la climatología y ecología de la zona, los estudios al presente han asumido valores de estaciones modelo.
- Al presente no existen estaciones hidrométricas de los ríos Baures e Itonomas, por la importancia que tiene esta zona en ganadería, es ur

gente la medición de caudales para prevenir inundaciones.

- El PHICAB tiene dos estaciones hidrométricas a la salida de la cuenca; los datos obtenidos están en proceso de evaluación. Estos controles son importantes para completar los estudios de hidrografía naval para la navegación del río Itenez ya que se estima como una ruta de conexión entre la del cuenca Amazonas y la del Plata.
- Brasil y Bolivia deben realizar un estudio de la ETR de la cuenca del río Itenez para compatibilizar criterios y metodología, pues es uno de los parámetros que es de difícil cuantificación. La instalación de tanques evaporímetros y lisímetros debe ser preocupación de ambos países.
- Se debe mejorar la forma de medición, traslado y recopilación de la información de campo, con sistemas modernos, para así contar con registros de buena calidad.
- Se considera adecuado el período de 15 años, para la elaboración del balance hídrico superficial, sin embargo en el futuro se tienen que efectuar nuevamente estos estudios con los datos del Brasil, PHICAB, y Bolivia con la red sugerida. ( Mapa 1 )
- La cartografía de la zona estudiada es incompleta, se recomienda la

actualización del mapa de la República de Bolivia, pues en el norte no están definidas las curvas de nivel.

- Tratándose de un río internacional, habrá que insistir, que sería altamente beneficioso la coordinación binacional de los estudios realizados en esta cuenca, evitando duplicidad de esfuerzos en las investigaciones hidrológicas.

## ANEXO 1

**METODOLOGIA PARA EL CALCULO DEL PATRON DE PRECIPITACIONES ANUALES ( P.P.A. )**

- a) Se selecciona un grupo de estaciones con los criterios ya mencionados ( 2.2.4. )

E<sub>1</sub> Ascensión de Guarayos

E<sub>2</sub> San Javier

E<sub>3</sub> San Julián

E<sub>4</sub> Concepción

- b) Para cada año se calcula el promedio de las precipitaciones

$$PPA = \frac{1}{N} \sum P_x$$

PPA = Patrón de precipitaciones de un año

P<sub>x</sub> = Precipitación anual de la estación x

N = Número de estaciones

Para el año 1982

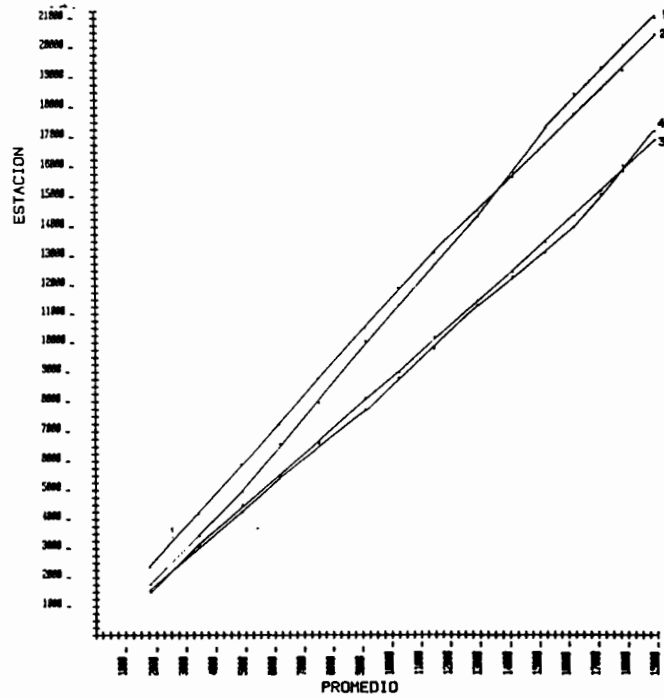
$$PPA = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4}{n} = \frac{1764.7 + 2384 + 1487.6 + 1567.9}{4} = 1.801 \text{ mm}$$

- c) Posteriormente los valores anuales de PPA y de las estaciones se acumulan cronológicamente, a partir del año más antiguo o nuevo. ( Ver cuadro 2-1 )
- d) En un gráfico se lleva en el eje de las abcisas los valores de PPA y en el de las ordenadas ordenadas los de P; de la estación x. ( Ver gráfico 2-1 )
- e) En el ejemplo los puntos presentan numerosos quiebres o mucha dispersión. La estación que está ocasionando la dispersión es, Concepción, hay que eliminar del PPA y hacer la comparación de esta relación con otro grupo, para tener la seguridad de su comportamiento estadístico.
- f) Con las estadísticas seleccionadas se calcula un nuevo PPA con las estaciones Ascensión de Guarayos, San Javier, San Julián. Se puede apreciar en el gráfico ( 2-2 ) que ha mejorado notablemente pero la estación de San Javier presenta un quiebre que es el caso típico de un error sistemático, esta estación ha sido comparada con otras series y siempre presenta el quiebre, de ahí que hay que corregirla.



\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 . 1982

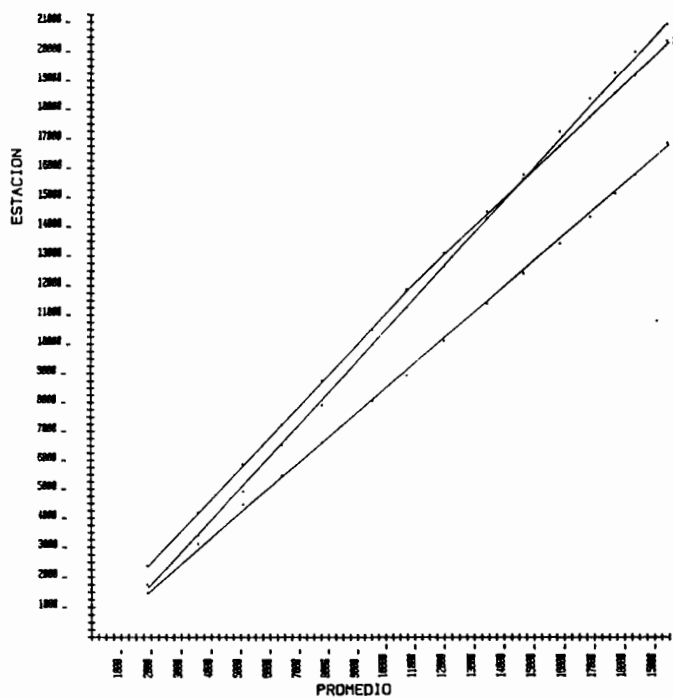


- 1 ASCENSION DE C.
- 2 SAN JAVIER
- 3 SAN JULIAN
- 4 DROPECION

Grafico 2-1

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 . 1982



- 1 ASCENSION DE C.
- 2 SAN JAVIER
- 3 SAN JULIAN

Grafico 2-2

## CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. ASCENSION DE G.  
 E2. SAN JAVIER  
 E3. SAN JULIAN  
 E4. CONCEPCION  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	E4	PPE	AE1	AE2	AE3	AE4	PPA
1982	1764.7	2384.0	1487.6	1567.9	1801.0	1764.7	2384.0	1487.6	1567.9	1801.0
1981	1654.2	1813.1	1639.9	1463.8	1642.7	3418.9	4197.1	3127.5	3031.7	3443.8
1980	1535.0	1701.2	1357.9	1229.1	1455.8	4953.9	5898.3	4485.4	4260.8	4899.6
1979	1626.6	1353.9	1016.7	1177.6	1293.7	6580.5	7252.2	5502.1	5438.4	6193.3
1978	1372.8	1543.5	1167.2	1191.0	1318.6	7953.3	8795.7	6669.3	6629.4	7511.9
1977	2085.6	1725.4	1440.0	1110.5	1590.4	10038.9	10521.1	8109.3	7739.9	9102.3
1976	1254.9	1413.2	885.1	1065.1	1154.6	11293.8	11934.3	8994.4	8805.0	10256.9
1975	1408.2	1215.9	1177.9	1003.8	1201.4	12702.0	13150.2	10172.3	9808.8	11458.3
1974	1635.3	1407.3	1279.0	1505.7	1456.8	14337.3	14557.5	11451.3	11314.5	12915.1
1973	1495.4	1126.4	1012.7	985.3	1154.9	15832.7	15683.9	12464.0	12299.8	14070.1
1972	1475.9	1117.1	1008.0	847.1	1112.0	17308.6	16801.0	13472.0	13146.9	15182.1
1971	1140.1	996.1	924.0	869.6	982.5	18448.7	17797.1	14396.0	14016.5	16164.6
1970	887.0	830.8	804.0	1087.8	902.4	19335.7	18627.9	15200.0	15104.3	17067.0
1969	739.2	613.2	648.0	954.6	738.8	20074.9	19241.1	15848.0	16058.9	17805.7
1968	937.3	1201.3	1068.0	1165.3	1093.0	21012.2	20442.4	16916.0	17224.2	18898.7

## Cuadro 2-1

## CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. ASCENSION DE G.  
 E2. SAN JAVIER  
 E3. SAN JULIAN  
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	PPE	AE1	AE2	AE3	PPA
1982	1764.7	2384.0	1487.6	1878.8	1764.7	2384.0	1487.6	1878.8
1981	1654.2	1813.1	1639.9	1702.4	3418.9	4197.1	3127.5	3581.2
1980	1535.0	1701.2	1357.9	1531.4	4953.9	5898.3	4485.4	5112.5
1979	1626.6	1353.9	1016.7	1332.4	6580.5	7252.2	5502.1	6444.9
1978	1372.8	1543.5	1167.2	1361.2	7953.3	8795.7	6669.3	7806.1
1977	2085.6	1725.4	1440.0	1750.3	10038.9	10521.1	8109.3	9556.4
1976	1254.9	1413.2	885.1	1184.4	11293.8	11934.3	8994.4	10740.8
1975	1408.2	1215.9	1177.9	1267.3	12702.0	13150.2	10172.3	12008.2
1974	1635.3	1407.3	1279.0	1440.5	14337.3	14557.5	11451.3	13448.7
1973	1495.4	1126.4	1012.7	1211.5	15832.7	15683.9	12464.0	14660.2
1972	1475.9	1117.1	1008.0	1200.3	17308.6	16801.0	13472.0	15860.5
1971	1140.1	996.1	924.0	1020.1	18448.7	17797.1	14396.0	16880.6
1970	887.0	830.8	804.0	840.6	19335.7	18627.9	15200.0	17721.2
1969	739.2	613.2	648.0	666.8	20074.9	19241.1	15848.0	18388.0
1968	937.3	1201.3	1068.0	1068.9	21012.2	20442.4	16916.0	19456.9

## Cuadro 2-2

- g) Hay estaciones que su estadística presenta varias tendencias, o sea tiene varios quiebres, en general se supone que el último período es el mejor observado, pues la técnica de observación y los instrumentos deben mejorar con el tiempo. Sin embargo, deberá analizarse cada caso por separado pues ocurre que en algunas estaciones, el último período no es representativo por descalibración del instrumento.
- h) La estación de San Javier tiene un cambio de pendiente debido a error de tipo sistemático, el cambio de pendiente experimentado es el año 1968 a 1976 para que la estación tenga la misma pendiente se utiliza el factor. ( Ver gráfico 2-3 )

$$\beta_1 = \frac{\text{Tan } \alpha_1}{\text{Tan } \alpha_2}$$

$$\text{Tan } \alpha_1 = \frac{(76 - 82) \text{ San Javier}}{(76 - 82) \text{ PPA}} = \frac{2384.0 - 11934.3}{1878.8 - 10740.8} = 1.08$$

$$\text{Tan } \alpha_2 = \frac{(76 - 68) \text{ San Javier}}{(76 - 68) \text{ PPA}} = \frac{11934.3 - 20442.4}{10740.8 - 19456.9} = 0.98$$

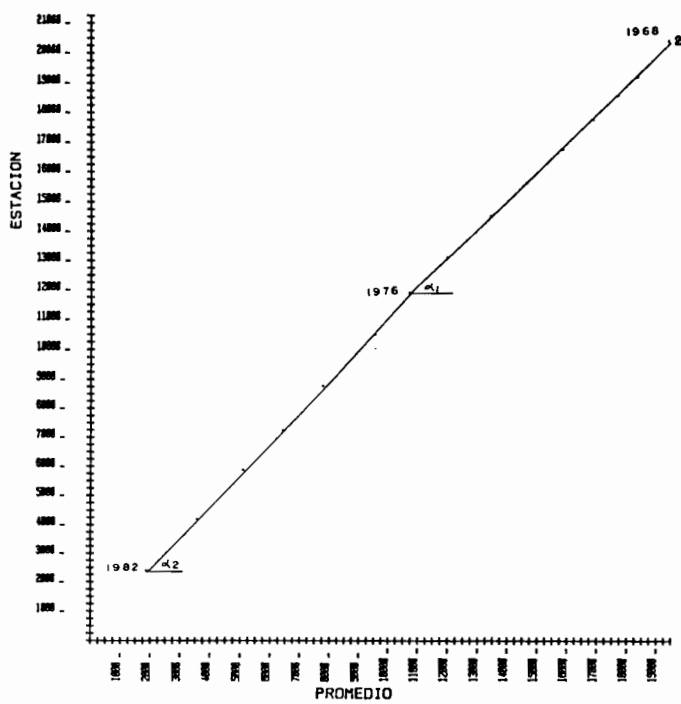
$$\beta_1 = \frac{1.08}{0.98} = 1.10$$

Con el valor  $\beta$ , a partir del año 1968 a 1976 se hace la corrección. Este valor de corrección hay que tomar con mucho cuidado, como resultado de varias pruebas y experiencias se recomienda una variación del 10 %, o sea, aceptar valores de  $\beta$ , entre 0.9 y 1.10; lo contrario significaría alterar toda la serie de datos.

- i) En todos los casos citados, excepto en los correspondientes a error sistemático, no es procedente corregir un dato aislado que esté muy alejado de la recta de doubles acumuladas. Su verificación se hará por comparación directa con series de suficiente garantía.
- j) Cuando los datos de la estación en estudio se acomodan en rectas paralelas, produciendo el desplazamiento en un valor anual, esto indica una proporcionalidad, esto ocurre cuando hay un año con exceso de precipitación o cuando se presenta una precipitación por debajo de lo normal. En el trabajo realizado se comprobó estos desplazamientos paralelos.

\*\*\* CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS \*\*\*

PERIODO 1968 , 1982



- 1 ASOCIACION DE L.
- 2 SAN JAVIER
- 3 SAN JLLIM

## ANEXO 2

Fórmula de Penman. Fuente " Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur, pág. 43-49.

La ecuación sugerida es

$$E = \frac{\frac{A}{\bar{\gamma}} H + E_a}{\frac{A}{\bar{\gamma}} + 1}$$

cuyos términos significan

- A = Pendiente de la curva de presión de saturación es,, función de la temperatura del aire, en el punto  $\theta = \theta$  aire  
 = Constante sicrométrica  
 E = Evaporación en mm/día  
 E<sub>a</sub> = Poder evaporante del aire en función del viento y del gradiente de la presión del vapor, en mm/día

Para aplicar el método se puede utilizar el siguiente orden de cálculos.

- $\frac{A}{\bar{\gamma}}$  = Se determina en función de la temperatura media diaria del cuadro 3-2

H = Balance de energía diaria, se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$H = \frac{R_0}{59} (0.24 + 0.58 \frac{n}{N}) (1 - \alpha) - \frac{\sigma \cdot \theta^4}{59} (0.56 - 0.09 \sqrt{e}) (0.09 + 0.1 \frac{n}{N})$$

Donde

R<sub>0</sub> = Radiación solar diaria en el límite superior de la atmósfera en cal/cm<sup>2</sup>, estimada en función de la latitud y época del año.  
( Cuadro 3-3 )

n = Número de horas de brillo solar aproximado hasta la décima, obtenido de los heliógrafos.

N = Número máximo de horas de brillo solar, aproximado hasta la décima en función de la latitud del lugar. ( Cuadro 3-4 )

α = Albedo de la superficie, para el proyecto 0.05 para el espejo de agua

θ = Temperatura del aire en °K

σ = Constante de Stefan Boltzman el cuadro 3-5 presenta valores  
σ θ<sup>4</sup> en función de

176.

$e$  = Valor medio de la presión parcial del vapor de agua en mm de Hg, el cual puede ser calculado por la siguiente expresión

$$e = \frac{U}{100} e_s$$

$U$  = Humedad relativa

$e_s$  = Presión de vapor saturante, que puede ser obtenida, en función de la temperatura media del aire utilizando el Cuadro 3-6

$E_a$  = Se puede obtener a partir de la ecuación

$$E_a = 0.35 \left( 0.5 + \frac{U_2}{160} \right) ( e_s - e )$$

$U_2$  = Velocidad media diaria del viento en km/día a 2m de altura



$\theta$	$\frac{\Delta}{\gamma}$	$\theta$	$\frac{\Delta}{\gamma}$	$\theta$	$\frac{\Delta}{\gamma}$	$\theta$	$\frac{\Delta}{\gamma}$
1	0,6	11	1,4	21	2,2	31	4,0
2	0,8	12	1,4	22	2,6	32	4,2
3	0,8	13	1,6	23	2,6	33	4,2
4	0,8	14	1,6	24	2,6	34	4,4
5	1,0	15	1,6	25	2,8	35	4,6
6	1,0	16	1,8	26	3,0	36	5,2
7	1,2	17	1,8	27	3,0	37	5,2
8	1,2	18	2,0	28	3,2	38	5,4
9	1,2	19	2,0	29	3,6	39	5,6
10	1,2	20	2,0	30	3,8	40	5,8

Vilanova (Brasil) 1967

Cuadro 3-2.- Valores de  $\frac{\Delta}{\gamma}$  entre 1 y 40°C.

LATITUD	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
10° N	761	814	873	885	873	867	873	879	867	826	767	732
8° N	779	832	879	879	861	856	861	873	873	838	785	749
6° N	797	844	879	873	850	838	850	861	873	850	802	773
2° N	832	867	885	861	826	802	814	844	873	867	838	814
Ecuador	850	879	885	856	806	785	797	832	867	873	856	832
2° S	861	885	885	850	791	767	779	820	867	879	873	850
4° S	879	897	885	838	779	749	755	808	861	885	885	873
6° S	897	903	885	826	755	732	743	797	861	897	897	890
8° S	909	909	879	814	738	708	720	779	856	897	909	903
10° S	920	920	873	802	720	684	702	767	850	897	915	920
12° S	938	920	867	791	696	661	684	755	838	897	926	932
14° S	950	926	861	773	679	637	661	738	838	903	938	944
16° S	956	932	856	755	661	614	637	720	826	903	944	956
18° S	968	932	850	743	637	590	620	702	814	903	956	974
20° S	979	932	838	720	614	566	596	684	802	897	962	985
22° S	991	932	826	702	590	543	572	661	791	897	968	991
24° S	991	932	814	684	566	519	549	643	779	897	968	1003
26° S	997	926	802	661	543	496	519	626	761	891	974	1015
28° S	1003	920	791	643	519	460	496	602	743	885	979	1021
30° S	1003	920	779	620	496	437	472	578	732	873	979	1027
32° S	1009	909	767	596	472	407	448	555	714	867	979	1033
34° S	1009	903	743	578	448	378	313	531	696	861	979	1038
36° S	1009	897	732	555	419	354	389	507	673	850	979	1038
38° S	1009	885	714	531	389	330	366	484	649	838	974	1044
40° S	1003	879	690	507	360	295	336	460	631	826	968	1044

Cuadro 3-3.- Radiación solar R, recibida en el límite superior de la atmósfera en el 15<sup>o</sup> día de cada mes entre las latitudes 10°N y 40°S (CAL/CM<sup>2</sup> DIA).

(Datos interpolados de: SHAW, NAPIER. Manual of Meteorology, Cambridge, University Press.).

LATITUD	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
10° N	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,7	12,6	12,4	12,2	11,9	11,7	11,5
8° N	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,6
6° N	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,5	12,4	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7
4° N	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,3	12,2	12,0	12,0	11,9	11,9
2° N	12,0	12,0	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0
Ecuador	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
2° S	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2
4° S	12,3	12,2	12,1	12,0	11,9	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4
6° S	12,4	12,3	12,1	12,0	11,9	11,7	11,8	11,9	12,1	12,2	12,4	12,5
8° S	12,5	12,4	12,1	11,9	11,7	11,6	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6
10° S	12,6	12,4	12,1	11,9	11,7	11,5	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7
12° S	12,7	12,5	12,2	11,8	11,6	11,4	11,5	11,7	12,0	12,4	12,7	12,8
14° S	12,8	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,4	11,6	12,0	12,4	12,8	12,9
16° S	13,0	12,7	12,2	11,7	11,4	11,2	11,2	11,6	12,0	12,4	12,9	13,1
18° S	13,1	12,7	12,2	11,7	11,3	11,1	11,1	11,5	12,0	12,5	13,0	13,2
20° S	13,2	12,8	12,2	11,6	11,2	10,9	11,0	11,4	12,0	12,5	13,2	13,3
22° S	13,4	12,8	12,2	11,6	11,1	10,8	10,9	11,3	12,0	12,6	13,2	13,5
24° S	13,5	12,9	12,3	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,6	13,3	13,6
26° S	13,6	12,9	12,3	11,5	10,8	10,5	10,7	11,2	11,9	12,7	13,4	13,8
28° S	13,7	13,0	12,3	11,4	10,7	10,4	10,6	11,1	11,9	12,8	13,5	13,9
30° S	13,9	13,1	12,3	11,4	10,6	10,2	10,4	11,0	11,9	12,8	13,6	14,1
32° S	14,0	13,2	12,3	11,3	10,5	10,0	10,3	10,9	11,9	12,9	13,7	14,2
34° S	14,2	13,3	12,3	11,3	10,3	9,8	10,1	10,9	11,9	12,9	13,9	14,4
36° S	14,3	13,4	12,4	11,2	10,2	9,7	10,0	10,7	11,9	13,0	14,0	14,6
38° S	14,5	13,5	12,4	11,1	10,1	9,5	9,8	10,6	11,8	13,1	14,2	14,8
40° S	14,7	13,6	12,4	11,1	9,9	9,3	9,6	10,5	11,8	13,1	14,3	15,0

Cuadro 3-4.- Duración máxima en horas de la insolación diaria, N, en los distintos meses del año y entre las latitudes 10°N y 40°S.

Los valores corresponden al 15° día de cada mes.

(Fuente: Datos interpolados de SMITHSONIAN METEOROLOGICAL. Tablas, 6a. ed. 1951. Tabla 171).

$\theta_a$	$\sigma\theta_a^4$	$\theta_a$	$\sigma\theta_a^4$	$\theta_a$	$\sigma\theta_a^4$	$\theta_a$	$\sigma\theta_a^4$
280,0	732	288,0	819	296,0	914	304,0	1017
280,5	737	288,5	825	296,5	921	304,5	1024
281,0	742	289,0	830	297,0	927	305,0	1031
281,5	747	289,5	836	297,5	933	305,5	1038
282,0	753	290,0	842	298,0	939	306,0	1044
282,5	758	290,5	848	298,5	946	306,5	1051
283,0	763	291,0	854	299,0	952	307,0	1058
283,5	769	291,5	860	299,5	954	307,5	1065
284,0	775	292,0	866	300,0	964	308,0	1072
284,5	781	292,5	872	300,5	970	308,5	1079
285,0	786	293,0	878	301,0	978	309,0	1086
285,5	792	293,5	884	301,5	984	309,5	1093
286,0	797	294,0	890	302,0	991	310,0	1100
286,5	803	294,5	896	302,5	998	310,5	1108
287,0	808	295,0	902	303,0	1004	311,0	1115
287,5	814	295,5	908	303,5	1010	311,5	1123

Cuadro 3-5.- Valores de  $\sigma\theta_a^4$  (CAL/CM<sup>2</sup> DIA) para temperatura entre los 280,0 y 311,5° K.

$\theta$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,79	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,07	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
3	5,69	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,97
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,57	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,05	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,85	8,91	8,97	9,03	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,59	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,40	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,09	11,16
13	11,23	11,31	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,07	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,21	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,69	16,79	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,19
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,87	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94
35	42,18	42,41	42,64	42,88	43,12	43,36	43,60	43,84	44,08	44,32
36	44,56	44,81	45,05	45,30	45,55	45,80	46,05	46,30	46,56	46,81
37	47,07	47,32	47,58	47,84	48,10	48,36	48,63	48,89	49,16	49,42
38	49,69	49,96	50,23	50,50	50,77	51,05	51,32	51,60	51,88	52,16
39	52,44	52,73	53,01	53,29	53,58	53,87	54,16	54,45	54,74	55,03
40	55,32	55,61	55,91	56,21	56,51	56,81	57,11	57,41	57,72	58,03
41	58,34	58,65	58,96	59,27	59,58	59,90	60,22	60,54	60,86	61,18
42	61,50	61,82	62,14	62,47	62,80	63,13	63,46	63,79	64,12	64,46
43	64,80	65,14	65,48	65,82	66,16	66,51	66,86	67,21	67,56	67,91
44	68,26	68,61	68,97	69,33	69,69	70,05	70,41	70,77	71,14	71,51

Cuadro 3-6.- Presión de vapor saturante,  $e_s$ , sobre la superficie del agua, en mm.

### ANEXO 3

Fórmula de Thornthwaite. ( Tratado de Hidrología aplicada de 6 reme-  
nieras )

Para aplicar la fórmula se siguen los siguientes pasos

- Cálculo del índice de calor mensual de la tabla I

$$i = \left( \frac{-Q}{5} \right)^{1.514}$$

- Se calcula i para cada mes y se suman los 12 índices térmicos para obtener un índice anual, cuya expresión es :

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

- Índice de iluminación mensual unidad 12 Hrs ( Tabla II ) se calcula en función de la latitud para cada mes
- Evapotranspiración potencial con temperatura media

$$E = \frac{16}{30} \left( \frac{10t}{I} \right)^a$$

De la tabla III, se calcula el valor de a

- Evapotranspiración potencial corregida

$$\text{ETP} = \text{Indice de Iluminación} \times \text{Evapotranspiración potencial con temperatura media}$$

La metodología para el cálculo de la evapotranspiración real está explicada en el tratado de hidrología de Remenieras, pág. 265,266,267,268,269, 270.

Finalmente la evaporación real anual no es otra cosa que el déficit de escurrimiento D de los hidrólogos

$$D = P - E$$

TABLA II

Indice de iluminación mensual en el hemisferio Norte, expresado en unidades de 12 horas

<u>Latitud Norte (°)</u>	<u>Ene.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Abr.</u>	<u>May.</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Ago.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dic.</u>
0	31.2	28.2	32.2	30.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2
5	30.6	27.9	30.9	30.6	31.8	30.9	31.8	31.5	30.3	30.9	29.7	30.6
10	30.0	37.3	30.9	30.9	32.4	31.8	32.4	32.1	30.6	30.6	29.4	29.7
15	29.1	27.3	30.9	31.2	33.3	32.4	33.6	32.4	30.6	30.3	28.5	29.1
20	28.5	27.0	30.9	13.5	33.9	33.3	34.2	33.3	30.6	30.0	27.9	28.2
25	27.9	26.7	30.9	31.8	34.5	34.2	35.1	33.6	30.6	29.7	27.3	27.3
30	27.0	26.1	30.9	32.1	35.4	35.1	36.0	34.2	20.9	29.4	26.7	26.4
35	26.1	25.5	30.9	23.7	36.3	36.3	36.9	34.8	30.9	29.1	25.8	25.5
40	25.2	24.9	30.9	33.3	37.2	37.5	38.1	35.4	31.2	28.8	24.9	24.3
45	24.0	24.3	30.6	33.6	38.4	38.7	39.3	36.3	31.2	28.2	23.7	22.5
50	22.2	23.4	20.6	24.5	29.9	40.8	41.1	37.5	31.8	27.6	22.8	21.0

Indice de iluminación mensual en el hemisferio Sur, expresado en unidades de 12 horas

<u>Latitud Sur (°)</u>	<u>Ene.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Abr.</u>	<u>May.</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Ago.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dic.</u>
0	31.2	28.2	31.2	20.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2
5	31.8	28.5	31.2	30.0	30.6	29.7	30.6	20.9	30.0	31.5	30.9	31.8
10	32.4	29.1	31.5	29.7	30.3	28.8	30.0	30.3	30.0	31.8	31.5	33.0
15	33.6	29.4	31.5	29.4	29.4	28.2	29.1	30.0	30.0	32.1	32.1	33.6
20	34.2	30.0	31.5	29.1	28.8	27.3	28.5	29.7	20.0	32.4	32.7	34.5
25	35.1	30.3	31.5	28.8	28.2	26.4	27.9	29.4	30.0	22.0	33.3	35.4
30	36.0	30.9	31.8	28.5	27.6	25.5	27.0	28.8	30.0	33.6	34.2	36.3
35	36.9	31.2	31.8	28.2	26.7	24.6	26.1	28.2	30.0	33.9	35.1	27.5
40	38.1	31.8	32.1	27.9	25.8	23.4	25.2	27.9	30.0	34.5	36.0	38.7
45	39.3	32.7	32.1	27.6	24.9	21.9	24.0	27.3	29.7	34.8	37.2	40.2
50	41.1	33.6	32.4	26.7	23.1	20.1	22.2	26.4	29.7	35.7	38.7	42.3





Valores De "a" Para La  
Ecuacion De THORNTWAITE

l	a
100	2,1884
105	2,3054
110	2,4291
120	2,6990
122	2,7567
125	2,8461
130	3,0020
135	3,1672
140	3,3422
145	3,5276
150	3,7238
160	4,1506
170	4,6269
180	5,1565
190	5,7437
200	6,3924
210	7,1067

Cuenca del Amazonas

Longitud 64°49

País : Bolivia

Latitud 13°03

Altura 140

**San Joaquín**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	27.0	26.7	26.7	26.5	26.3	25.0	25.2	27.1	27.4	27.8	27.4	27.0	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	251.53	269.69	211.49	143.19	65.11	27.85	24.56	28.62	84.27	111.62	199.99	224.0	
INDICE CALOR MENSUAL	12.85	12.63	12.63	12.49	12.35	11.44	11.57	12.82	13.14	13.43	13.14	12.85	
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.13	29.28	31.5	29.52	29.75	28.43	29.45	30.12	30.0	31.98	31.87	33.37	153.34 a=3.87
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.76	4.56	4.56	4.43	4.30	3.54	3.65	4.83	5.04	5.33	5.04	4.76	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	157.7	133.5	143.6	130.8	127.9	100.6	107.5	145.5	151.2	170.5	160.6	158.8	ETP=1688.2
PRECIPITACIONES (b)	251.53	269.69	211.49	143.19	65.11	27.85	24.56	28.62	84.27	111.62	199.99	224.0	P=1641.9
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)					-62.8	-37.2					39.4	60.6	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	100	37.2	0	0	0	0	0	39.4	100	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR. DE THORNTHWAITE) (e)	157.7	133.5	143.6	130.8	127.9	65.05	24.56	28.62	89.27	111.62	160.6	158.8	ETR=1327.02
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	35.55	82.94	116.88	66.93	58.88	0	0	
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTWAIT) (g)	93.8	136.2	67.9	12.4								4.6	Det=313.45
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	48.05	92.1	80.0	46.2	23.1	11.6	5.8	2.9	1.4	0	0	2.3	E=313.45
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	93.8	136.2	67.9	12.4	-62.8	-72.8	-82.9	-116.9	-66.9	-58.9	39.4	65.2	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNHWAITE) (j)													

$$D = 1641.9 - 313.45 = 1328.47$$

$$D = 1688.2 - 361.45 = 1327.02$$

Cuenca del Amazonas

Longitud 65°36

País : Bolivia

Latitud 14°55

Altura 160

**San Ignacio de Moxos**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	26.9	26.5	26.9	26.1	24.5	22.9	23.3	24.3	26.2	27.5	27.6	27.3	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	299.0	334.09	279.47	125.11	97.71	66.06	99.46	62.34	83.67	160.10	206.35	291.11	
INDICE CALOR MENSUAL	12.78	12.49	12.78	12.21	11.09	10.01	10.28	10.95	12.28	13.21	13.28	13.07	144.43 <sup>a=3.51</sup>
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.58	29.40	31.50	29.40	29.4	28.2	29.1	30.0	30.0	32.1	32.1	33.6	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.72	4.48	4.72	4.24	3.40	2.68	2.85	3.30	4.30	5.10	5.16	4.97	

188.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	158.50	131.71	148.68	124.66	99.96	75.58	82.94	99.0	129.0	163.7	165.64	166.9	ETP=1546.4
PRECIPITACIONES (b)	299	334.09	279.57	125.11	97.71	66.06	99.46	62.34	83.67	160.10	206.35	291.11	P=2104.5
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)					-2.3	-9.5	16.50	-36.7	-45.3	-3.6	40.7	59.3	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	100	97.7	88.2	100	63.3	18	14.4	40.7	100	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR DE THORNTHWAITE) (e)	158.50	131.71	148.68	124.66	99.96	75.58	82.94	99.00	129.0	163.71	165.64	166.9	ETR=1546.0
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Det= c
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)	140.5	202.4	130.8	0.5	0	0	16.5	0	0	0	0	64.8	
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	86.5	144.4	137.6	69.1	34.52	17.3	16.9	8.45	4.2	2.1	1.1	32.4	R=554.5
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)													
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													

$$D = 2104.4 - 554.5 = 1549.8$$

$$D = 1546.4 - 0 = 1546.4$$

Cuenca del Amazonas

Longitud 64° 57

País : Bolivia

Latitud 14° 51

Trinidad

Altura 157

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	27.2	26.9	27.3	26.6	25.3	23.8	24.3	25.3	26.6	27.7	27.8	27.3	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	280.15	267.09	214.36	112.86	96.79	47.41	40.36	44.27	90.31	110.39	199.92	263.75	
INDICE CALOR MENSUAL	12.99	12.78	13.07	12.56	11.64	10.62	11.02	11.64	12.56	13.36	13.43	13.07	148.79 <sup>a=3.67</sup>
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.6	29.4	31.5	29.4	29.4	28.2	29.1	30.0	30.0	32.1	32.1	33.6	
E.T. CON TEMP MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.89	4.69	4.95	4.50	3.75	5.61	3.23	3.75	4.50	5.23	5.29	4.95	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	164.3	137.9	155.9	132.3	110.3	158.2	94.0	112.50	135.0	167.9	169.8	166.3	ETP=1704.4
PRECIPITACIONES (b)	280.15	267.09	214.36	112.86	96.79	47.41	40.36	44.27	90.31	110.39	199.92	263.75	P=1767.7
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)				-19.40	-13.50	-67.1					30.1	69.9	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	80.60	67.1	0	0	0	0	0	30.1	100	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR DE THORNTHWAITE) (e)	164.30	137.9	155.90	132.30	110.30	114.5	40.36	44.27	90.31	110.39	169.8	166.3	ETR=1436.6
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	43.7	53.6	68.2	44.7	57.5	0	0	Det=267.7
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTWAI (g)	115.8	129.2	58.5									27.6	
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	64.9	97.0	77.8	38.9	19.4	9.7	4.9	2.4	1.2	0.6		13.8	E=330.6
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	115.90	129.2	58.50	-19.40	-13.5	-110.8	-53.60	-68.20	-44.70	-57.50	30.1	97.50	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNHWAITE) (j)													

Cuenca del Amazonas  
 Sub Cuenca Itonomas  
 País : Bolivia

Longitud 65°35  
 Latitud 13°45  
 Altura 144

**Santa Ana**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	27.7	27.3	27.7	27.3	26.1	25.0	25.2	26.3	27.3	28.1	28.1	27.8	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	250.74	273.33	187.04	122.44	80.61	37.02	25.77	43.60	94.30	116.10	204.63	197.87	
INDICE CALOR MENSUAL	13.36	13.07	13.36	13.07	12.21	11.44	11.57	12.35	13.07	13.65	13.65	13.43	I=154.23 a=3.90
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.3	29.33	31.5	29.48	29.63	28.35	29.33	30.08	30.0	32.03	31.95	33.45	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	5.23	4.95	5.23	4.95	4.15	3.51	3.62	4.28	4.95	5.53	5.53	5.31	

190.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	174.16	145.18	164.75	145.93	122.96	99.51	106.17	128.74	148.50	177.13	176.68	177.62	ETP=1767.0
PRECIPITACIONES (b)	250.74	273.33	187.04	122.44	80.61	37.02	25.77	43.60	94.30	116.10	204.68	197.87	P=1633.45
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	51.8			-23.49	-42.35	-34.16					27.95	20.25	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	76.51	34.16	0	0	0	0	0	27.95	48.2	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR. DE THORNTHWAITE) (e)	174.16	145.18	164.75	145.93	122.96	71.18	25.77	43.60	94.30	116.10	176.68	177.62	ETR=1458.23
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	28.33	80.04	85.14	54.2	61.03	0	0	Det=309
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)	24.8	128.15	22.29										
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	12.4	70.3	46.2	23.14	11.6	5.8	2.9	1.5	0.72	0.36	0.18		175.2
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	76.58	128.15	22.29	-23.49	-42.35	-62.49	-90.4	-85.14	-54.2	-61.03	27.95	20.25	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													

$$D = 1633.45 - 175.2 = 1458.26$$

$$D = 1767.3 - 309.1 = 1458.2$$

Cuenca del Amazonas

Longitud 66°05

País : Bolivia

Latitud 11°01

Altura 135

**Riberalta**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	26.9	26.6	27.1	26.8	26.4	25.7	26.1	26.9	27.6	27.7	27.5	27.0	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	307.74	277.57	259.04	158.55	88.26	35.28	25.59	31.75	77.53	152.31	220.43	279.35	
INDICE CALOR MENSUAL	12.78	12.56	12.92	12.70	12.42	11.92	12.21	12.78	13.28	13.36	13.21	12.85	152.99 <sub>a=3.85</sub>
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	32.64	29.16	31.5	29.64	30.12	28.68	29.82	30.24	30.0	31.86	31.62	33.12	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.68	4.49	4.82	4.62	4.36	3.93	4.17	4.68	5.17	5.24	5.10	4.75	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	152.8	130.9	151.8	136.9	131.3	112.7	124.3	141.5	155.1	166.9	161.3	157.3	ETP=1722.8
PRECIPITACIONES (b)	307.74	277.57	259.04	158.55	88.26	32.28	25.59	31.75	77.53	152.31	220.43	279.35	P=1913.4
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)					-43.0	-57.0					59.1	-40.9	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	100	57	0	0	0	0	0	59.1	100	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR. DE THORNTHWAITE) (e)	152.8	130.9	151.8	136.9	131.3	92.3	25.59	31.75	77.53	152.31	161.3	157.3	ETR=1401.8
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	20.4	98.7	109.75	77.57	14.59	0	0	Det=321.01
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)												81.2	
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	97.6	122.2	114.7	68.2	34.1	17.0	8.5	4.3	2.1	1.1	0	40.6	E=510.4
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	154.6	146.7	107.2	21.7	-43.0	-77.4	-98.7	-109.8	-77.6	-14.6	59.1	122.1	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													





Cuenca del Amazonas

País : Bolivia

Longitud 64°09

Latitud 13°20

Altura 141

**Magdalena**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST.	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	27.3	27.0	27.6	27.2	26.5	25.4	25.8	26.7	28.1	28.3	28.0	27.4	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	279.95	266.04	231.15	122.29	79.39	23.62	24.46	34.95	87.85	118.41	205.2	232.4	
INDICE CALOR MENSUAL	13.06	12.85	13.28	12.99	13.19	11.71	11.99	12.63	13.65	13.80	13.58	13.14	155.87 <sup>a=3.97</sup>
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.20	29.30	31.50	29.50	29.70	28.40	29.40	30.10	30.0	32.0	31.90	33.40	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.94	4.72	5.15	4.86	4.39	3.71	3.94	4.52	5.53	5.69	5.46	5.01	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	164.01	138.30	162.23	143.37	130.38	105.4	115.9	136.1	165.9	182.1	174.2	167.3	ETP=1785.06
PRECIPITACIONES (b)	279.95	266.04	231.2	122.3	79.4	23.6	24.5	34.9	87.9	118.4	205.2	232.2	P=1705.6
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	4			-21.1	-51	-27.9					31.0	65	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	78.9	0	0	0	0	0	0	31.0	96	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR DE THORNTHWAITE) (e)	164.01	138.30	162.23	143.4	130.4	51.5	24.5	34.9	87.9	118.4	174.2	167.3	ETR=1397.04
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	-53.9	-91.4	-101.2	-78	-63.7	0	0	
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTWAIT) (g)	112	127.7	69.0									0	
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	56	92	80.5	40.2	20.1	10	5	2.5	1.3	0.63	0.32	0	
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	116	128	69.0	21.1	51.0	28.0	0	0	0	0	31	65	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNHWAITE) (j)													

Cuenca del Amazonas

Longitud

País : Bolivia

Latitud

Altura

## San Javier

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST.	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	24.4	24.5	24.5	23.4	21.8	20.2	20.8	22.1	23.8	25.1	25.1	25.0	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	214.27	180.51	150.91	114.83	60.09	44.86	22.95	50.58	59.22	85.44	151.91	227.28	
INDICE CALOR MENSUAL	11.02	11.09	11.09	10.35	9.29	8.28	8.66	9.49	10.62	11.50	11.50	11.44	124.33 <sup>a=2.8</sup>
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.76	29.56	31.50	29.32	29.24	27.96	28.94	29.92	30.0	32.18	32.26	33.84	
E.T CON TEMP MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	3.5	3.6	3.6	3.1	2.6	2.1	2.3	2.7	3.3	3.8	3.8	3.8	

194.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	118.2	106.4	113.4	90.9	76.0	58.7	66.6	80.8	99.0	118.5	122.6	128.6	ETP=1179.7
PRECIPITACIONES (b)	214.27	180.51	150.91	114.83	60.09	44.86	22.95	50.58	59.22	85.44	151.91	227.28	P=1362.9
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)					-15.9	-13.8	-43.7	-26.6			29.3	70.7	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	100	84.1	70.3	26.6	0	0	0	29.3	100	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR, DE THORNTHWAITE) (e)	118.2	106.4	113.4	90.9	76.0	58.7	66.6	77.2	59.22	85.44	122.6	128.6	ETR=1103.3
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	0	0	3.6	39.8	33.1	0	0	Det=76.5
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)												28	
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	55.1	64.6	51.0	37.5	18.7	9.4	4.7	2.3	1.2	0.6	0	14	Es=259.1
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	96.1	74.1	37.5	23.9	-15.9	-13.8	-43.7	-30.2	-39.8	-33.1	29.3	98.7	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													

$$D = 1362.9 - 259.1 = 1103.8$$

$$D = 1179.7 - 76.5 = 1103.2$$

Cuenca del Amazonas

Longitud 60°57'

País : Bolivia

Latitud 16°22'

Altura

## San Ignacio de Velasco

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	26.7	26.2	25.9	24.7	22.9	20.9	21.6	23.4	25.6	27.4	27.4	26.6	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	155.4	129.10	132.90	105.8	81.8	58.5	67.0	89.7	120.9	161.6	161.5	158.2	
INDICE CALOR MENSUAL	12.6	12.28	12.10	11.20	10.0	8.7	9.17	10.35	11.85	13.14	13.14	12.70	$I=154.23$ $a=3.90$
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.7	29.5	31.5	29.3	29.3	28.0	28.9	29.9	30.0	32.2	32.2	33.8	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.53	4.21	4.03	3.35	2.49	1.74	1.98	2.71	3.85	5.02	5.02	4.60	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	152.7	124.2	126.9	98.2	73.0	48.7	57.2	81.0	115.5	161.6	161.6	155.5	1356.1
PRECIPITACIONES (b)	221.8	239.7	130.3	95.8	47.9	21.2	13.11	30.8	61.3	63.9	139.2	188.2	1253.2
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	67.3			-2.4	-25.1	-27.5	-44.1	-0.91				32.7	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	97.6	72.5	45.0	0.91	0	0	0	0	32.7	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR. DE THORNTHWAITE) (e)	152.7	124.2	126.9	98.2	73.0	48.7	57.2	31.7	61.3	53.9	139.2	155.5	ETR=1132.5
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)								49.3	54.2	97.7	22.4		Det=223.6
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)	1.8	115.5	3.4										
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	0.9	58.2	30.8	15.4	7.7	3.9	1.9	0.9	0.5	0.24	0.12		$Es=120.6$ $119.7$
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)													
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													

Déficit de  $D = 1253.2 - 119.7 = 1133.5$

Escorrimento  $D = 1356.1 - 223.6 = 1132.5$

Cuenca del amazonas

País : Bolivia

Longitud

Latitud

Altura

## San José

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST.	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	26.6	25.6	25.5	24.1	21.9	20.5	21.4	23.2	25.3	26.9	26.4	26.5	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	157.7	153.0	135.7	135.7	57.8	28.5	8.6	34.5	54.3	78.0	113.5	156.0	
INDICE CALOR MENSUAL	12.56	11.85	11.78	10.82	9.36	8.47	9.04	10.21	11.64	12.78	12.42	12.49	133.42
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.9	29.7	31.5	29.2	29.1	27.7	28.8	29.8	24.3	32.3	32.4	34.1	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.56	4.05	4.01	3.35	2.49	2.03	2.32	2.98	3.90	4.72	4.45	4.51	

196.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	154.6	120.3	126.3	97.8	72.5	56.2	66.8	88.8	94.8	152.5	144.2	153.8	ETP=1328.6
PRECIPITACIONES (b)	157.7	153.0	135.7	135.7	57.8	28.5	8.6	34.5	54.3	78.0	113.5	156.0	P=1113.3
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	3.1	32.7	9.4	32.6	-14.7	-27.7	-37.6					2.2	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	5.3	38	47.4	80	65.3	37.6	0	0	0	0	0	2.2	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR DE THORNTHWAITE) (e)	154.6	120.3	126.3	97.8	72.5	56.2	46.2	34.5	54.3	78.0	113.5	153.8	ETR=1108.0
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	0	20.6	54.3	40.5	74.5	30.7	0	Det=220.6
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)				5.3									
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)				2.7	1.3	0.7	0.3						
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	3.1	32.7	9.4	37.9	-14.7	-27.7	-58.2	-54.3	-40.5	-74.5	-30.7	2.2	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													

$$D = 1113.3 - 5 = 1108.0$$

$$D = 1328.6 - 220.6 = 1108.0$$

Cuenca del amazonas  
 Sub Cuenca Itonomas  
 País : Bolivia

Longitud 65° 15  
 Latitud 17° 45  
 Altura 414

**Santa Cruz**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST.	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	26.6	26.4	26.1	24.6	22.4	20.5	21.0	22.8	24.7	26.1	26.9	26.5	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	186.6	138.16	97.3	99.4	93.6	69.3	33.7	62.07	68.9	103.1	144.2	168.7	
INDICE CALOR MENSUAL	12.56	12.42	12.21	11.16	9.68	8.47	8.78	9.95	11.23	12.21	12.78	12.49	133.94/3.12
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.93	29.73	31.50	29.24	29.07	27.72	28.77	29.84	30.0	32.27	32.45	34.10	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.54	4.43	4.28	3.55	2.65	2.01	2.17	2.80	3.60	4.26	4.70	4.48	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	154.04	131.70	134.8	103.8	77.14	55.70	62.43	83.65	108.0	138.12	152.4	152.7	ETP=1354.38
PRECIPITACIONES (b)	186.6	138.16	97.3	99.5	93.6	62.3	33.7	62.07	68.9	103.1	144.2	168.7	P=1258.13
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	32.6	1.4	-37.5	-4.3	+16.6	+6.6	-28.7	-2.6				16	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	48.6	50.0	12.5	8.2	24.7	31.3	2.6	0	0	0	0	16	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA(ACTUAL ETR. DE THORNTHWAITE) (e)	154.04	131.70	134.8	103.8	77.04	55.70	62.4	64.7	68.9	103.1	144.2	152.7	ETR=1253.08
DEFICIT(WATER DEFICENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	0	0	18.9	39.1	35	8.2		Det=101.2
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)		5.1	0										
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)		2.5	1.3	0.6									R=4.4
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	32.6	6.5	-37.5	-4.3	16.6	6.6	-28.7	-2.6	-39.1	-35	-8.2	16	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													

$$D = P - R = 1258.13 - 4.4 = 1253.7$$

$$D = ETR - Det = 1354.4 - 101.2 = 1253.2$$

Cuenca del Amazonas

País : Bolivia

Longitud 59°45'

Latitud 18°19'

Altura 265

## Roboré

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	28.3	27.7	27.6	25.7	23.9	22.7	23.6	24.7	26.6	27.8	28.5	28.3	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	177.77	135.26	129.94	74.92	66.20	54.58	18.78	41.11	56.72	101.46	118.0	167.42	
INDICE CALOR MENSUAL	13.80	13.36	13.28	11.92	10.68	9.88	10.48	11.23	12.56	13.43	13.94	13.80	148.36 a=3.66
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	34.0	29.80	31.50	29.20	29.00	27.60	28.70	29.80	30.0	32.30	32.50	34.20	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	5.67	5.24	5.17	3.98	3.05	2.53	2.92	3.45	4.52	5.31	5.82	5.67	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	192.78	156.15	162.86	116.22	88.45	69.83	83.80	102.81	135.60	171.15	189.15	193.91	EIP=1663.07
PRECIPITACIONES (b)	177.77	135.26	129.94	79.92	66.20	54.58	18.78	41.11	56.72	101.46	118	167.42	P=1147.16
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	-15.01	-20.89	-32.92	-36.3	-22.25	-15.25	-65.02	-61.7	-78.9	-69.69	-71.15	-26.49	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)													
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR. DE THORNTHWAITE) (e)													
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)													
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTWAIT) (g)													
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHAWAITE) (h)													
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	-15.01	-20.89	-32.92	-36.30	-22.25	-15.25	-65.02	-61.7	-78.9	-69.69	-71.17	-26.49	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNHWAITE) (j)													

Cuenca del amazonas

Longitud

País : Bolivia

Latitud

Altura 320

## General Saavedra

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	26.1	26.0	25.8	24.3	22.6	20.3	21.0	22.3	24.4	25.5	26.0	26.1	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	210.44	140.59	104.49	78.61	80.93	41.27	25.64	51.95	68.71	112.38	171.16	180.83	
INDICE CALOR MENSUAL	12.21	12.13	11.99	10.95	9.82	8.34	8.78	9.62	11.02	11.78	12.13	12.21	130.98 <sup>a=3.03</sup>
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.87	29.67	31.5	29.27	29.13	27.28	28.83	29.87	30.0	32.23	32.27	34.0	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.31	4.26	4.16	3.47	2.78	2.01	2.23	2.67	3.51	4.01	4.26	4.31	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	145.98	126.39	131.04	101.57	80.98	55.88	64.29	79.75	105.30	129.24	137.9	146.59	ETP=1304.86
PRECIPITACIONES (b)	210.4	140.6	104.5	78.6	80.9	41.27	25.64	51.95	68.71	112.38	171.16	180.83	P=1267
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	32.4		-26.5	-23	0	-14.63	-35.9				33.26	34.3	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	73.5	50.5	50.5	35.9	0	0	0	0	33.26	67.6	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR DE THORNTHWAITE) (e)	145.98	126.39	131.04	101.57	80.98	55.88	61.5	51.95	68.71	112.38	137.96	146.54	ETR=1220.8
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	0	2.8	27.8	36.6	16.86	0	0	84.06
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTWAIT) (g)	32.02	14.2											
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	16.01	15.1	7.6	3.8	1.9	0.9	0.5	0.25	0.1				
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	64.4	14.21	-26.5	-23	0	-14.6	-35.9	-27.8	-36.59	-16.86	33.26	34.3	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNHWAITE) (j)													

Cuenca del Amazonas  
 Sub Cuenca Itonomas  
 País : Bolivia

Longitud 62°06  
 Latitud 16°25  
 Altura

**Concepción**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST.	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	25.4	25.1	25.1	23.9	22.6	21.0	21.6	22.9	24.8	26.1	26.1	25.6	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	176.33	149.95	121.69	82.05	64.36	30.26	23.58	35.09	52.25	78.67	139.17	194.87	
INDICE CALOR MENSUAL	11.71	11.50	11.50	10.68	9.82	8.78	9.17	10.01	11.30	12.21	12.21	11.85	130.74 <sup>a=3.0</sup>
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.8	29.6	31.5	29.3	29.3	28.0	29.0	29.4	30.0	32.2	32.3	33.8	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	3.9	3.8	3.8	3.3	2.8	2.2	2.4	2.9	3.6	4.2	4.2	4.0	

200.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	131.8	112.5	119.7	96.7	82.0	61.6	69.6	86.7	108.0	135.2	135.7	135.2	ETP=1274.7
PRECIPITACIONES (b)	176.3	150	122	82	64.3	30.2	23.6	35.1	52.2	78.7	139.2	194.9	P=1148.5
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	36.8			-14.7	-17.7	-31.4	-36.2				3.5	59.7	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	85.3	67.6	36.2	0	0	0	0	3.5	36.8	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR DE THORNTHWAITE) (e)	131.8	112.5	119.7	96.7	82.0	61.6	59.8	35.1	52.2	78.7	135.7	135.2	E'ETR=1101
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	0	9.8	51.6	55.8	56.5	0	0	Det=173.7
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)	7.7	37.5	2.3										
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	3.8	20.7	11.5	5.7	2.8	1.4	0.7						R
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	44.5	37.5	2.3	-14.7	-17.7	-31.4	-46.0	-51.6	-55.8	-56.5	3.5	59.7	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													

$$D = 1148.5 - 46.6 = 1101.9$$

$$D = 1274.7 - 173.7 = 1101.0$$



Cuenca del Amazonas

Longitud 63°07

País : Bolivia

Latitud 15°42

Altura 245

**Ascensión Guarayos**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	24.5	24.2	24.0	22.9	21.2	19.5	19.4	20.7	21.6	24.1	24.7	24.7	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	217.67	223.41	159.89	81.24	69.78	43.57	30.63	54.10	52.92	93.63	175.62	200.69	
INDICE CALOR MENSUAL	11.09	10.89	10.75	10.01	8.91	7.85	7.79	8.59	9.17	10.82	11.23	11.23	118.3 a=2406
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.7	29.5	31.5	29.4	29.3	28.1	29.0	30.0	30.0	32.1	32.2	33.7	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	3.1	3.0	2.9	2.6	2.2	1.8	1.8	2.0	2.3	3.0	3.1	3.1	

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	104.5	88.5	91.4	76.4	64.5	50.6	52.2	60.0	69.0	96.3	99.8	105.5	ETP=957.7
PRECIPITACIONES (b)	217.67	223.41	158.89	81.24	69.78	43.57	30.63	54.10	52.92	175.62	200.69	200.69	P=1402.2
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)						-7	-21.6					24.2	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	100	100	100	93	71.4	65.5	49.4	0	75.8	100	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA (ACTUAL ETR. DE THORNTHWAITE) (e)	104.5	88.5	91.4	76.4	64.5	50.6	52.2	60.0	69	143	99.8	104.5	ETR=1004.4
DEFICIT (WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-46.7	0	0	
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTHWAITE) (g)	113.2	134.9	67.5	4.8	5.3						75.8	72.0	
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHWAITE) (h)	74.6	104.8	86.1	45.5	25.4	12.7	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	36	E=397
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	113.2	134.9	67.5	4.8	5.3	-7.0	-21.6	-5.9	-16.1	-2.7	75.8	96.2	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNTHWAITE) (j)													

Cuenca del Amazonas

Longitud 62°39

País : Bolivia

Latitud 16°44

Altura 305

**San Julián**

DATOS	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEP.	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	26.4	26.2	25.9	24.6	22.4	20.5	21.1	22.5	23.7	25.8	26.0	26.3	
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL	202.9	150.94	120.05	79.49	72.81	59.58	22.58	51.73	62.88	81.36	136.17	206.14	
INDICE CALOR MENSUAL	12.42	12.28	12.06	11.16	9.68	8.47	8.85	9.75	10.55	11.99	12.13	12.35	131.69/a=3.06
INDICE DE ILUMINACION UNIDAD MENSUAL 12 H	33.81	29.61	31.5	29.30	29.19	27.89	28.89	29.90	30.0	32.20	32.31	33.91	
E.T. CON TEMP. MEDIA MENSUAL SIN CORREGIR	4.48	4.38	4.23	3.61	2.71	2.07	2.26	2.75	3.22	4.18	4.28	4.43	

202.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (a)	151.5	129.7	133.2	105.8	79.10	57.7	65.3	82.2	96.6	134.6	138.3	150.2	ETP=1324.4
PRECIPITACIONES (b)	203.0	150.9	120.0	79.5	72.8	69.6	22.6	51.7	62.9	81.4	136.2	206	P=1246.2
VARIACIONES DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO (HUMEDAD) (c)	44.2		-13.2	-26.3	-6.3	+1.9	-42.7	-13.4				55.8	
RESERVA DE AGUA UTIL (d)	100	100	86.8	60.5	54.2	56.1	13.4	0	0	0	0	55.8	
EVAPOTRANSPIRACION EFECTIVA(ACTUAL ETR. DE THORNTHWAITE) (e)	151.5	129.7	133.2	105.8	79.10	57.7	65.3	65.1	62.9	81.4	136.2	206	P=1246.2
DEFICIT(WATER DEFICIENCY DE THORNTHWAITE) (f)	0	0	0	0	0	0	0	17.1	33.7	53.2	2.1	0	Det=106.1
EXCEDENTE (WATER SURPLUS DE THORNTWAI) (g)	7.3	21.2											
ESCURRIMIENTO (RUNOFF DE THORNTHAWAITE) (h)	3.65	12.4	6.2	3.10	1.6								E=28.15
DIFERENCIA ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA EVAPORACION POTENCIAL (i)	78.5	21.2	13.2	-26.3	-6.3	+1.9	-42.7	-30.5	-33.7	-53.2	-2.1	55.8	
COEFICIENTE MENSUAL DE HUMEDAD (MOISTURE RATIO DE THORNHWAITE) (j)													

$$D = 1246.2 - 28.15 = 1218.05$$

$$D = 1324.4 - 106.1 = 1218.3$$

## ANEXO 4

Método De Langbein. El método se basa en una relación P/E y R/E donde P es la precipitación anual media, R es la escorrentía anual media y E es un factor de temperatura. P y R se expresan en cm.

$$E = 10^{0.027 T + 0.886}$$

en la cual T es temperatura anual media °C

Ejemplo de cálculo para la estación Concepción para el año 1968, la precipitación anual el año 1968 es P = 116.52 cm y la temperatura es 25.2 °C

Con estos datos se calcula E

$$E = 10^{0.027 \times 25.2 + 0.886} = 36.84 \text{ cm}$$

La relación entre P/E y Rc está dado por

P/E	Rc/E
0	0.009
1	0.026
2	0.075
3	0.200
4	0.475
5	1.000
6	1.900
7	2.700
8	3.400
10	5.000
12	7.000
14	9.000

204.

Luego :  $\frac{P}{E} = \frac{116.52}{36.84} = 3.16$  con este valor entramos en la tabla y calculamos

$$\frac{R_c}{E} = 0.245$$

La esorrentía para el año 1968 es

$$R_c = 0.245 \times E = 0.245 \times 36.84 = 9.028 \text{ cm}$$

Puede afinarse la relación entre P/E y R<sub>c</sub>/E, teniendo en cuenta los casos en que la precipitación se concentra en la estación cálida, o en la estación fría este refinamiento se expresa mediante la ecuación

$$\frac{R_a}{R_c} = 10^{1.05 (F - 1.0)}$$

En donde R<sub>a</sub> de la esorrentía anual media corregida, R<sub>c</sub> es la esorrentía obtenida a partir de la relación entre P/E y R<sub>c</sub>/E y F es un factor estacional dado por la siguiente ecuación :

$$F = \frac{T.P.}{12 \sum_i t_i P_i}$$

donde : T es la temperatura anual media

P es la precipitación anual media

Ti es la temperatura media mensual para cada uno de los doce meses del año

Pi es la precipitación media mensual para cada uno de los doce meses

$$F = \frac{25.2 \times 116.52}{14.44 \times 25.6 + 9.04 \times 26.1 + 6.59 \times 25.3 + 2.77 \times 23.6 + 1.82 \times 23.6 + 0 \times 23.5 + 0.61 \times 24.3 + 0.61 \times 24.3 + 7.38 \times 24.8 + 5.13 \times 24.9 + 6.93 \times 27.5 + 13.07 \times 28 + 48.75 \times 25.7}$$

$$F = 0.974$$

$$\frac{Ra}{Rc} = 10^{1.05(0.974 - 1.0)} = 0.940$$

$$\text{Luego } Ra = 0.940 \times Rc = 0.940 \times 9.028 = 8.48 \text{ cm}$$

El cálculo se completa para 15 años como se muestra en el cuadro 1 de las estaciones que están en la cuenca. Se ha calculado de la misma manera y se ha obtenido una escorrentía media anual para 15 años, con los coeficientes de Thiessen se ha calculado una escorrentía media anual para cada año de la cuenca del Itenez y Mamoré de esta manera se ha obtenido caudales para comparar con los caudales medidos ( 2 - 44 )

**ESTACION : CONCEPCION**  
**DEPARTAMENTO : SANTA CRUZ**

**Lat S : 16°15**  
**Long W : 62°06**  
**Alt : 497**

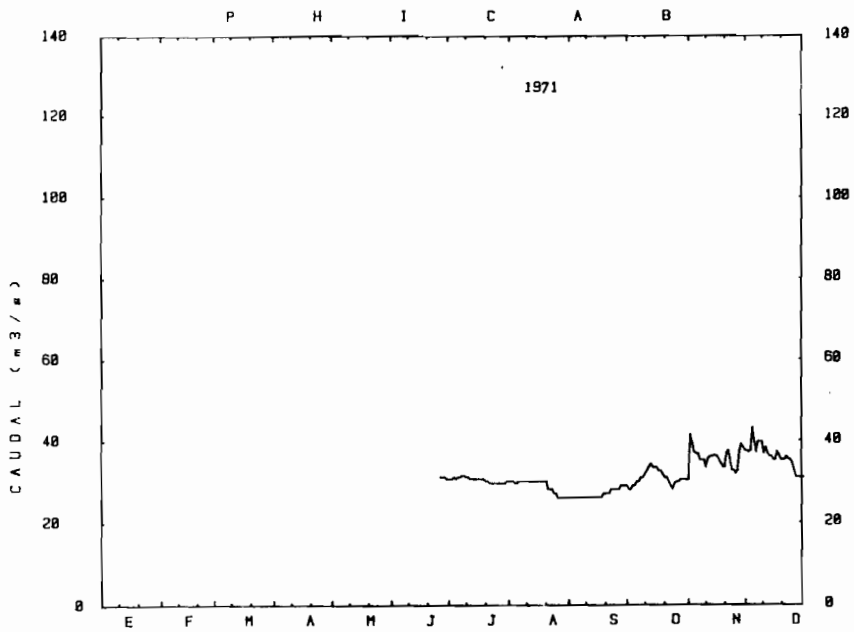
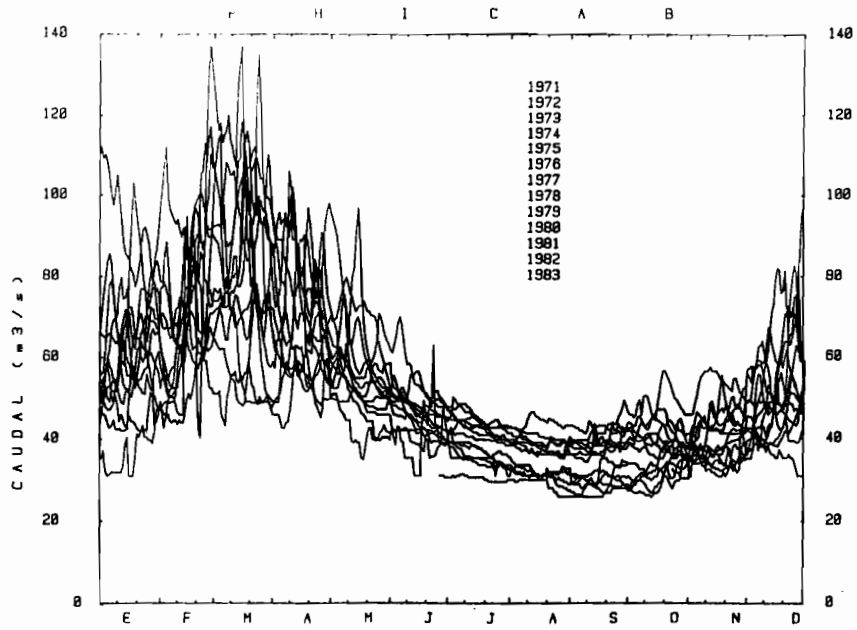
( Cuadro 1 ) Método de Langbein

Año	Pm anual (cm)	T °C anual	E	P/E	R/E	Rc	F	Ra/Rc	Ra
68	116.52	25.2	36.847	3.163	0.245	9.028	0.974	0.940	8.48
69	95.46	25.1	36.618	2.607	0.151	5.529	0.968	0.926	5.12
70	108.78	25.2	36.847	2.952	0.194	7.148	0.989	0.974	6.96
71	86.96	24.3	34.842	2.496	0.137	4.773	0.966	0.921	4.40
72	84.71	24.4	35.059	2.416	0.127	4.452	0.977	0.946	4.21
73	98.53	24.2	34.626	2.846	0.181	6.267	0.974	0.939	5.88
74	150.57	23.6	33.358	4.514	0.616	20.549	0.961	0.910	18.70
75	100.38	24.0	34.198	2.935	0.192	6.566	0.979	0.950	6.24
76	106.51	23.5	33.151	3.213	0.259	8.586	0.966	0.921	7.91
77	110.05	23.8	33.775	3.288	0.279	9.423	0.964	0.917	8.64
78	119.10	24.6	35.498	3.355	0.298	10.578	0.968	0.926	9.80
79	117.76	23.9	33.986	3.465	0.328	11.147	0.978	0.948	10.57
80	122.91	23.7	33.566	3.662	0.382	12.822	0.977	0.946	12.13
81	146.38	23.6	33.358	4.388	0.679	22.650	0.962	0.912	20.66
82	156.79	23.7	33.566	4.671	0.827	27.759	0.981	0.955	26.51

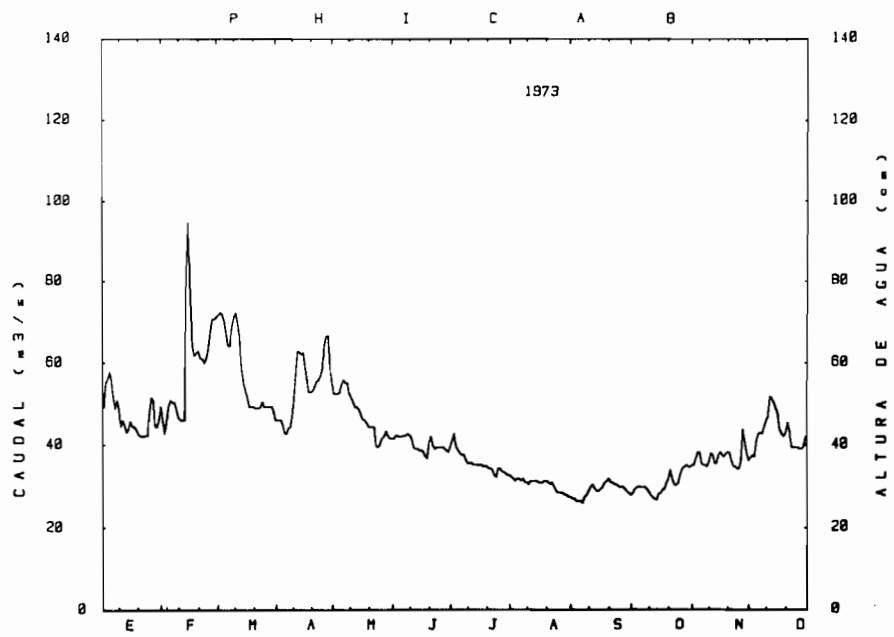
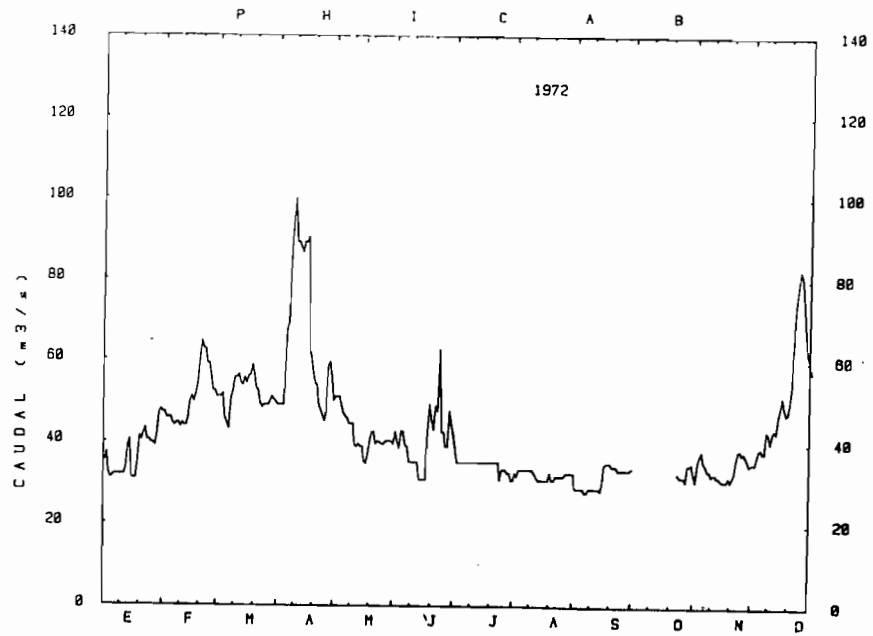
**ANEXO 5**

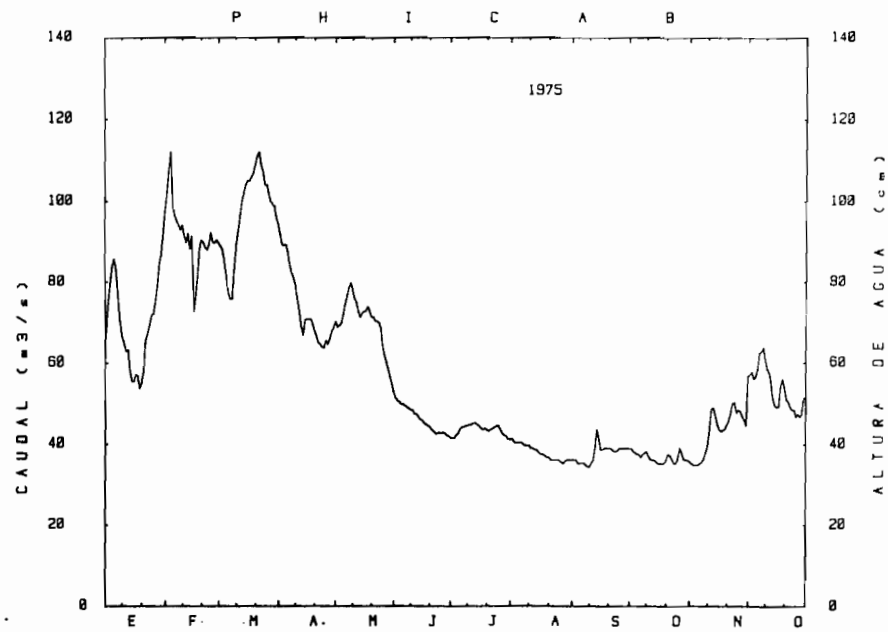
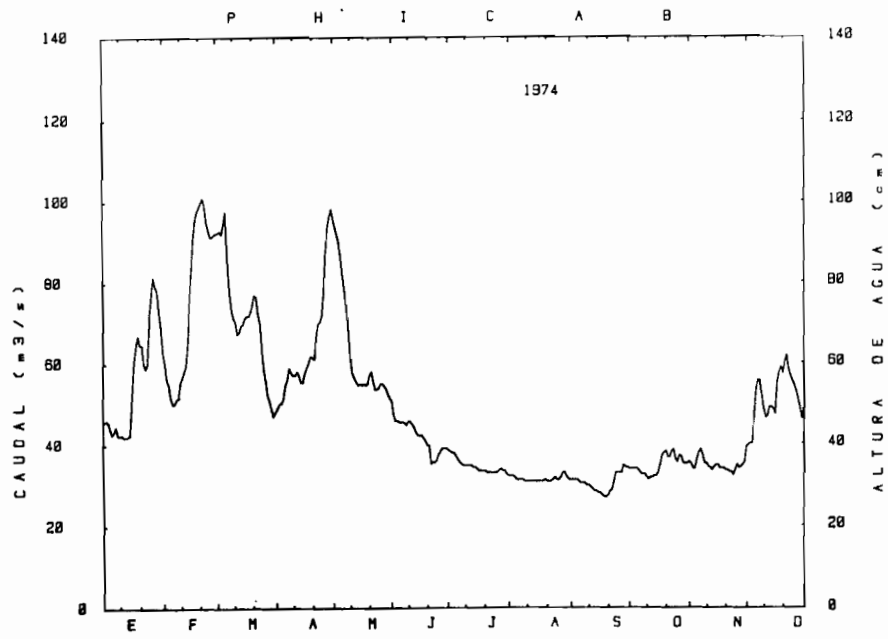
# HIDROGRAMA RIO ITENEZ

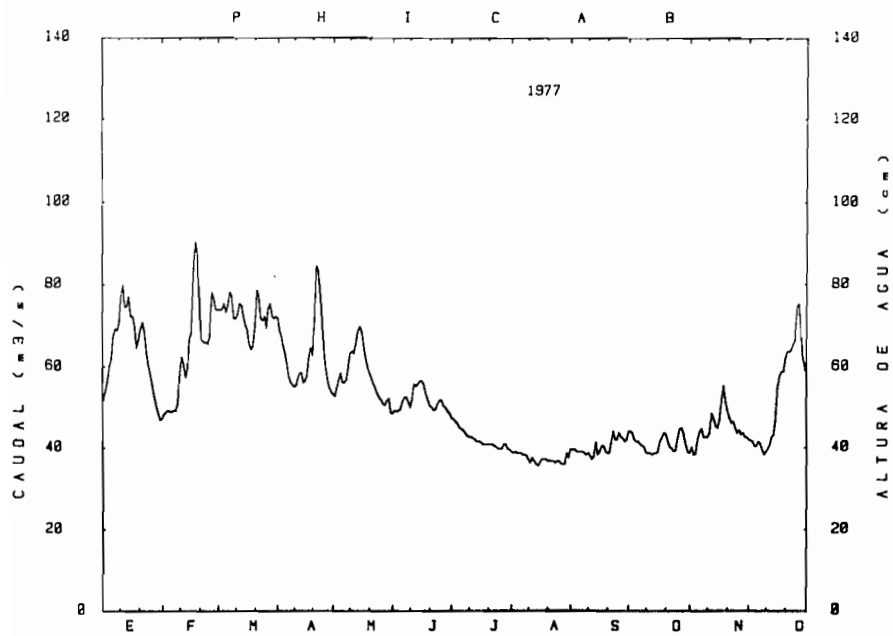
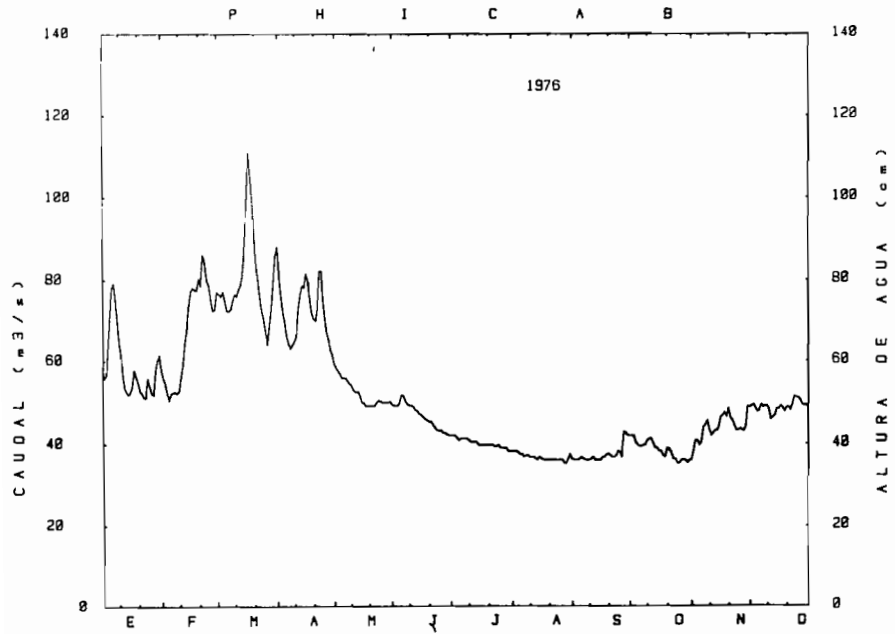
## Estacion : PONTES E LACERDA

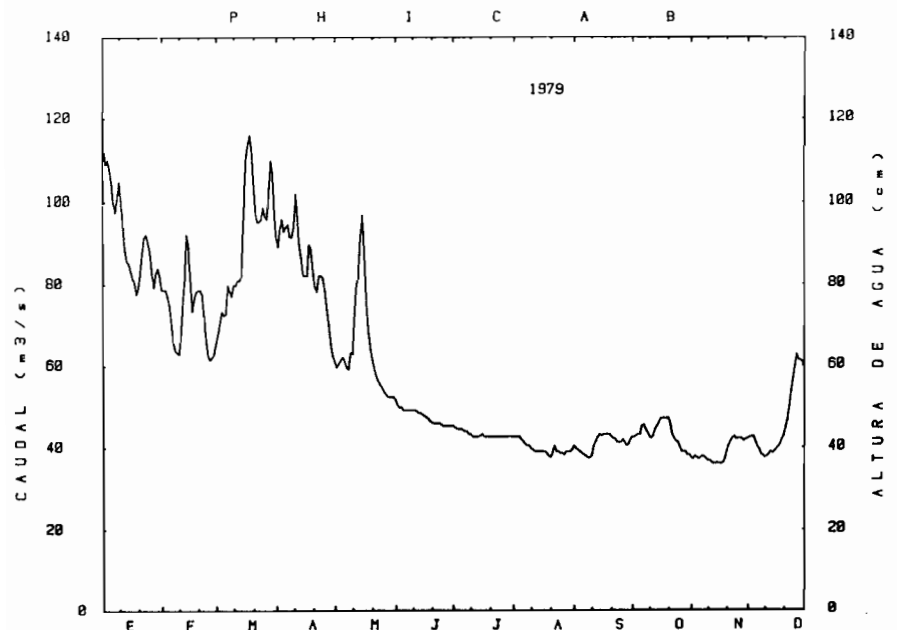
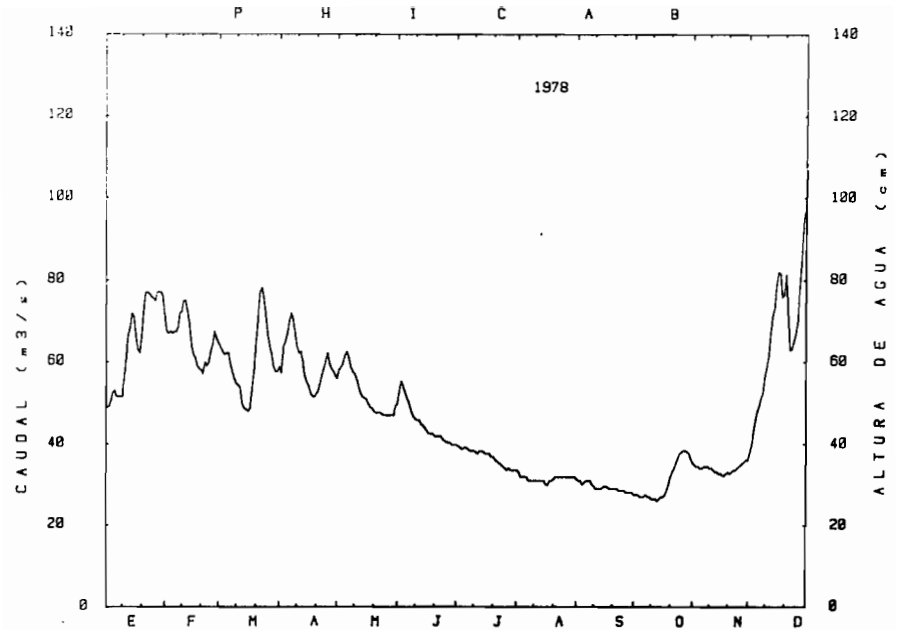


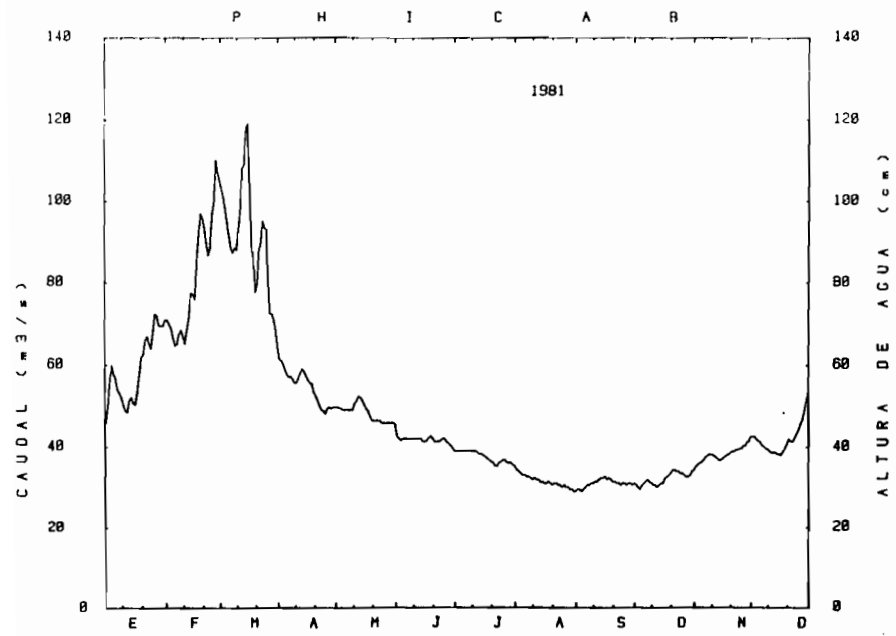
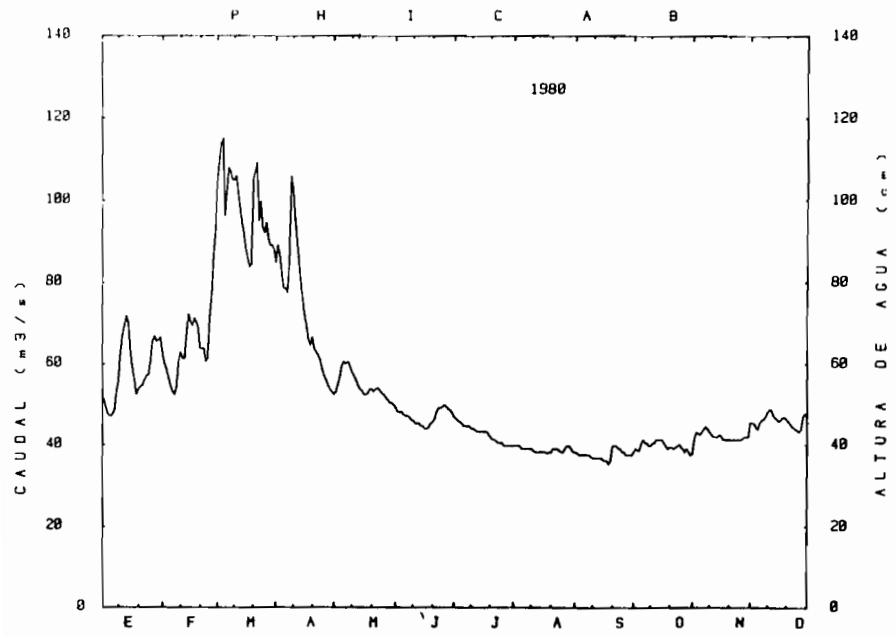


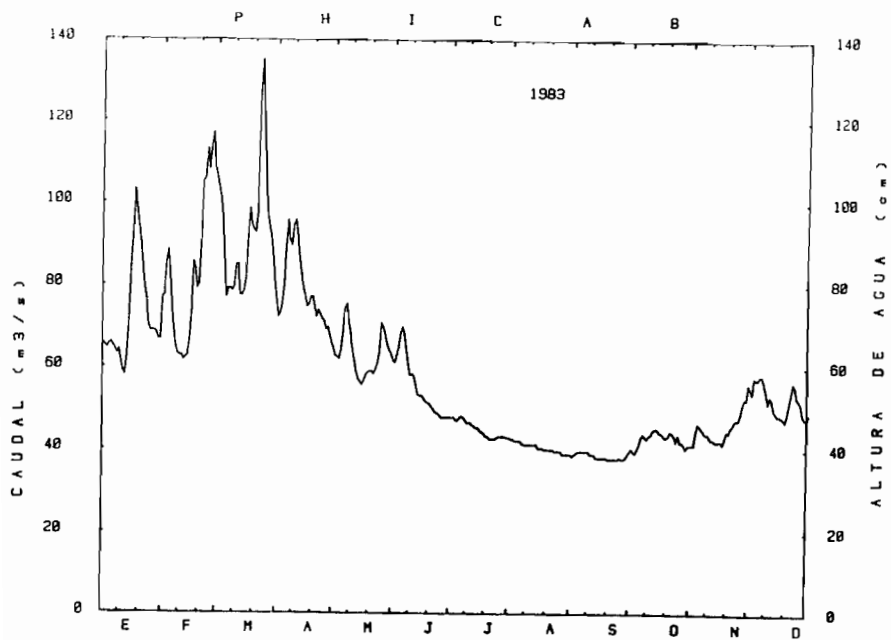
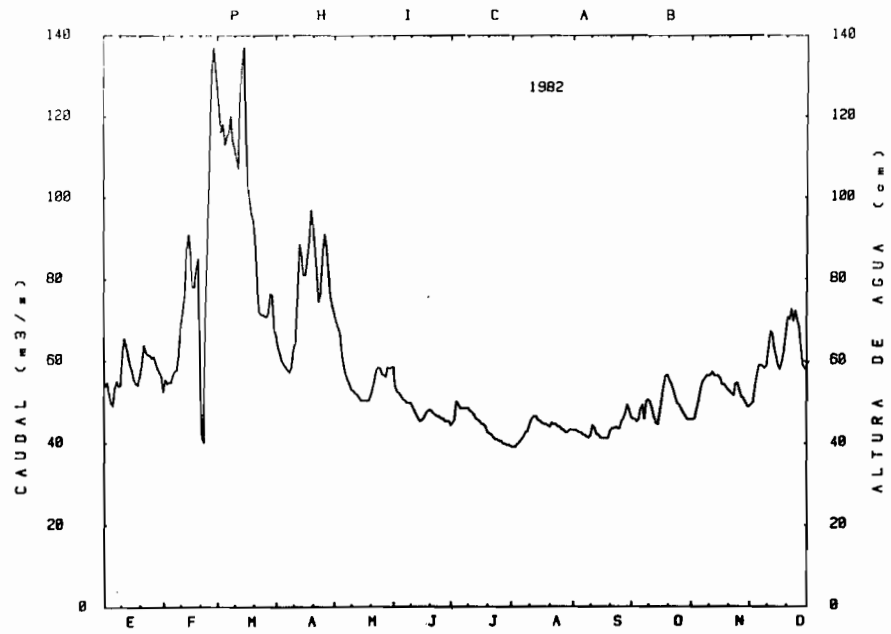






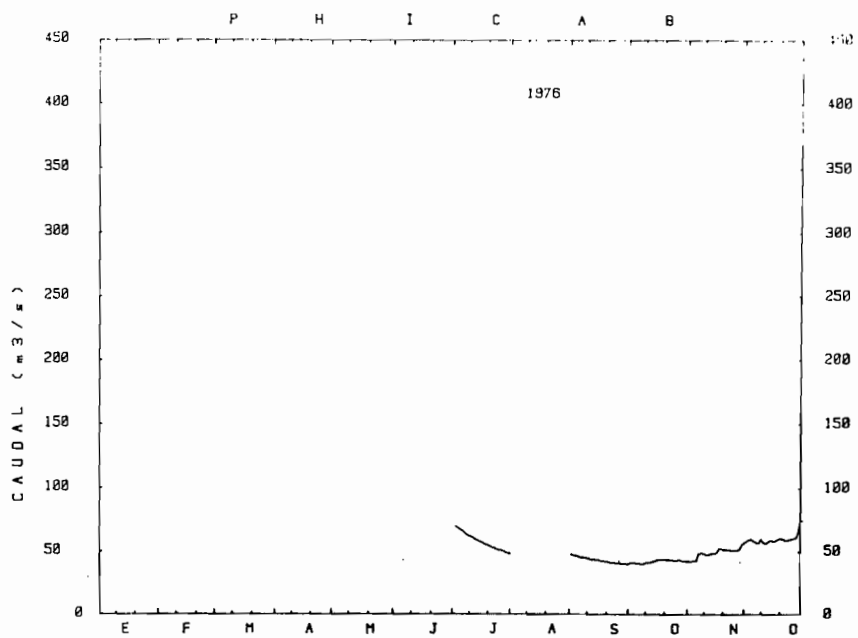
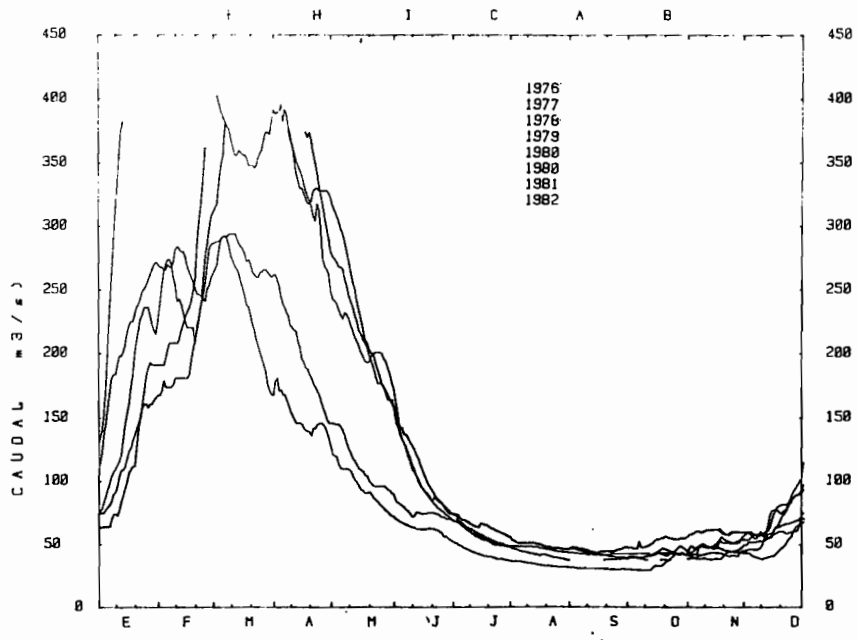


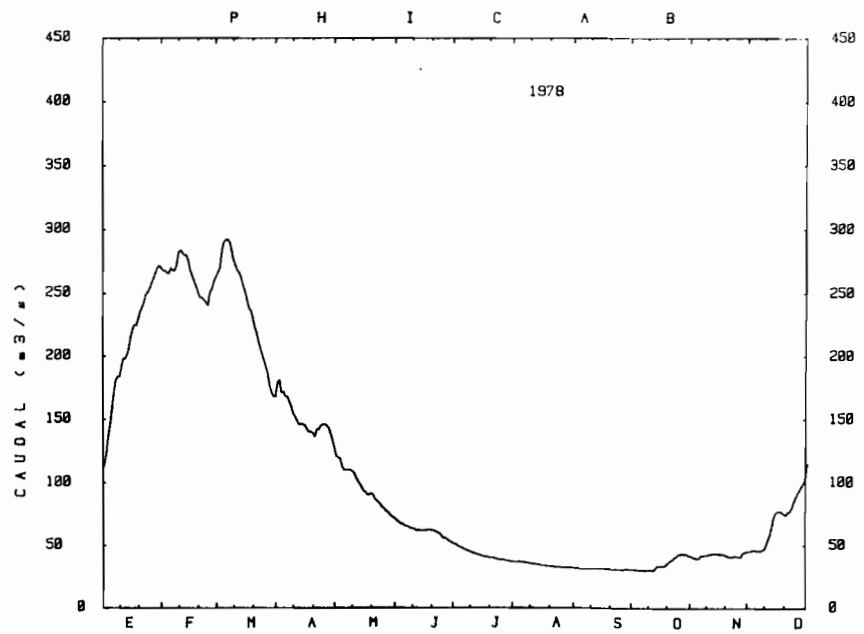
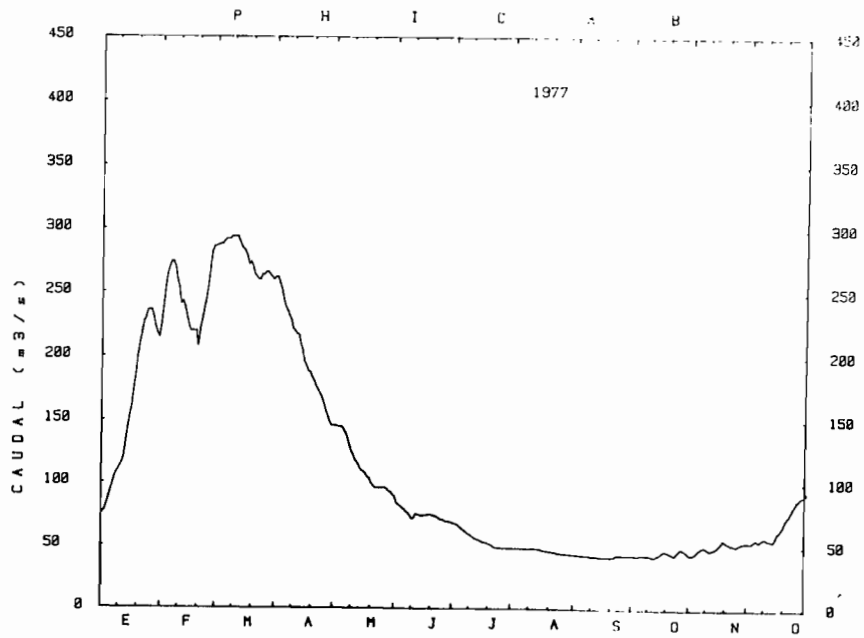




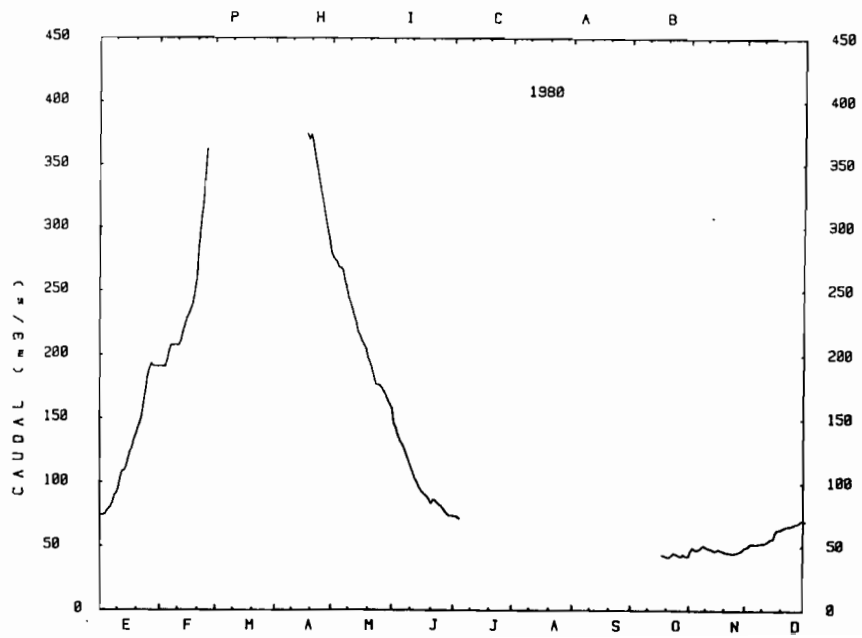
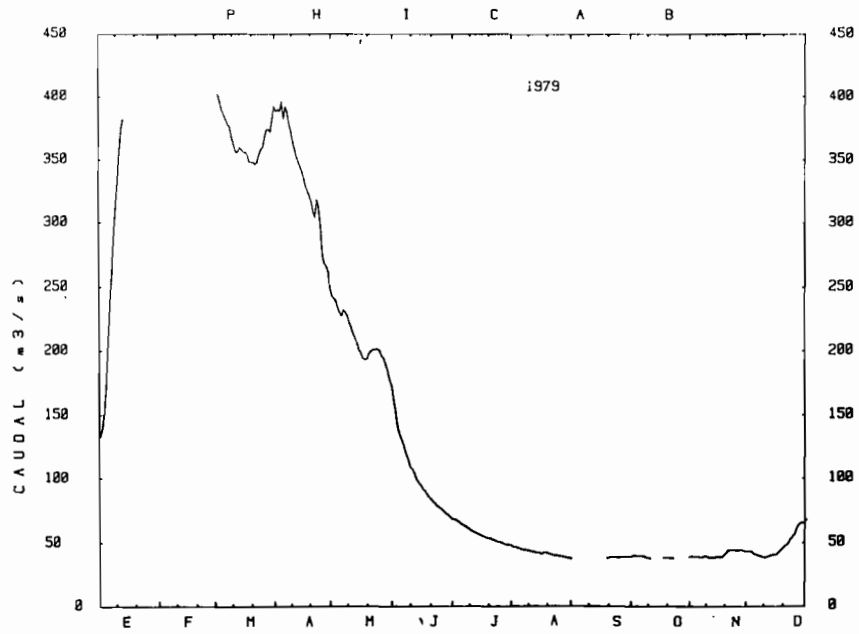
# HIDROGRAMA RIO ITENEZ

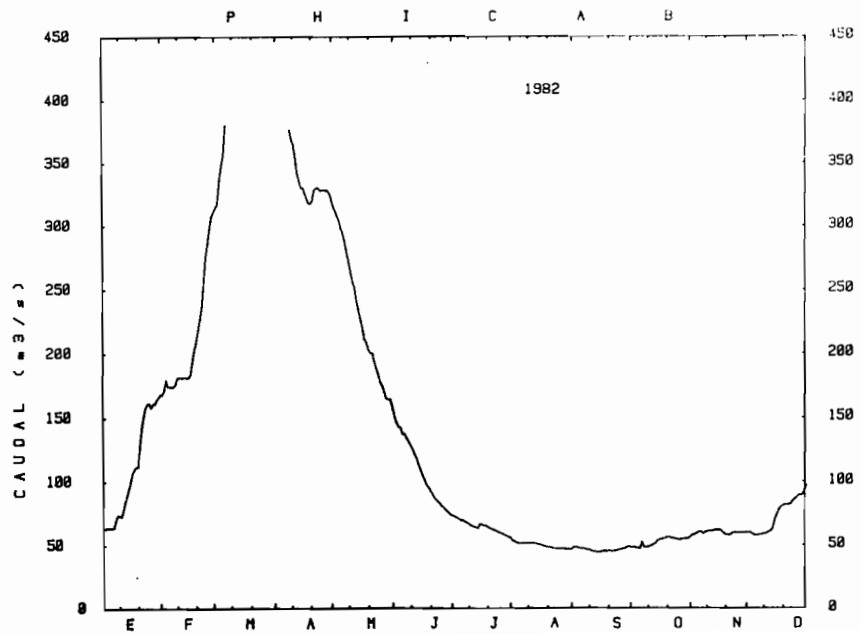
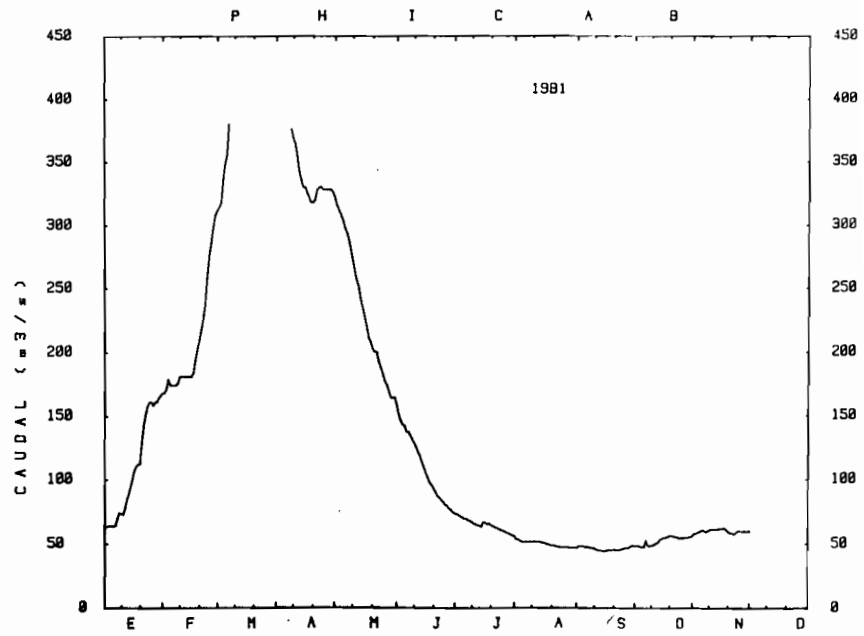
Estacion: MATO GROSSO











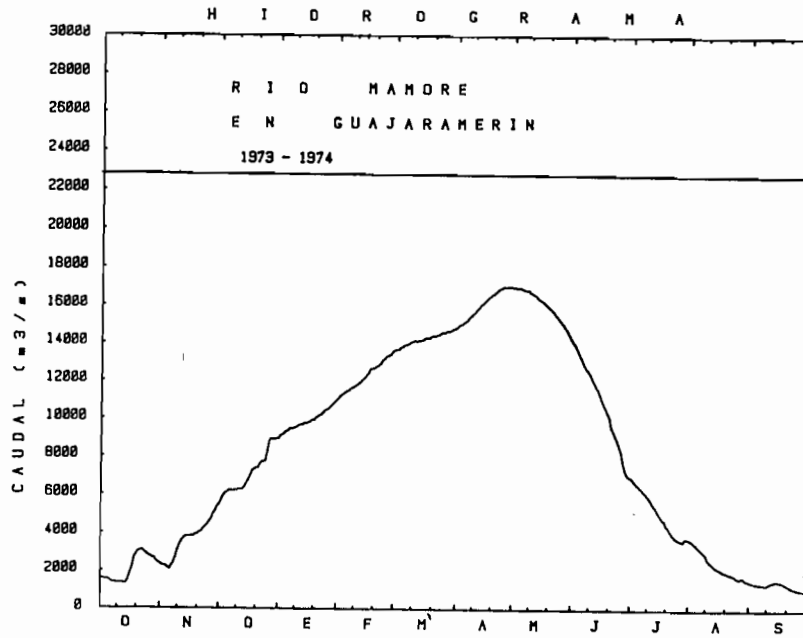


FIG. 1 C A U D A L E S

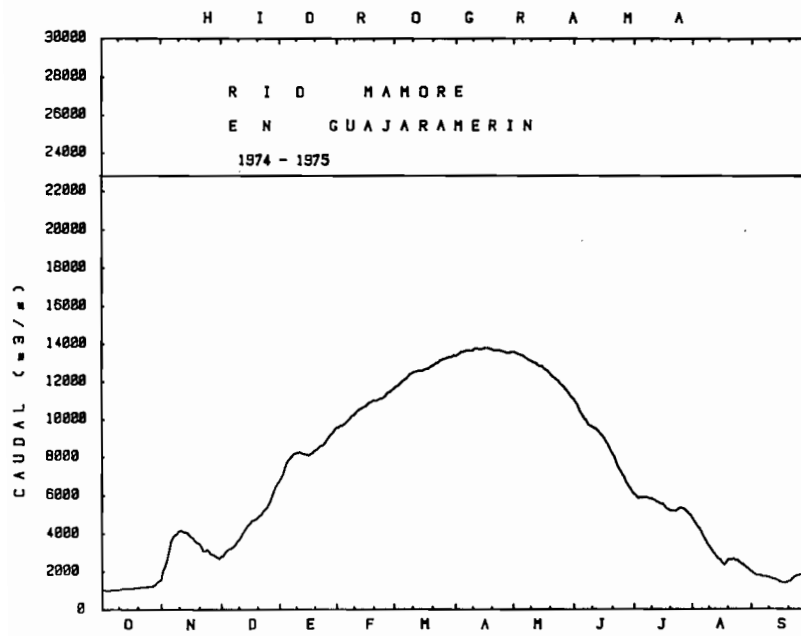


FIG. 2 C A U D A L E S

# HIDROGRAMA RIO MAMORE

Estacion : GUAJARAMERIN

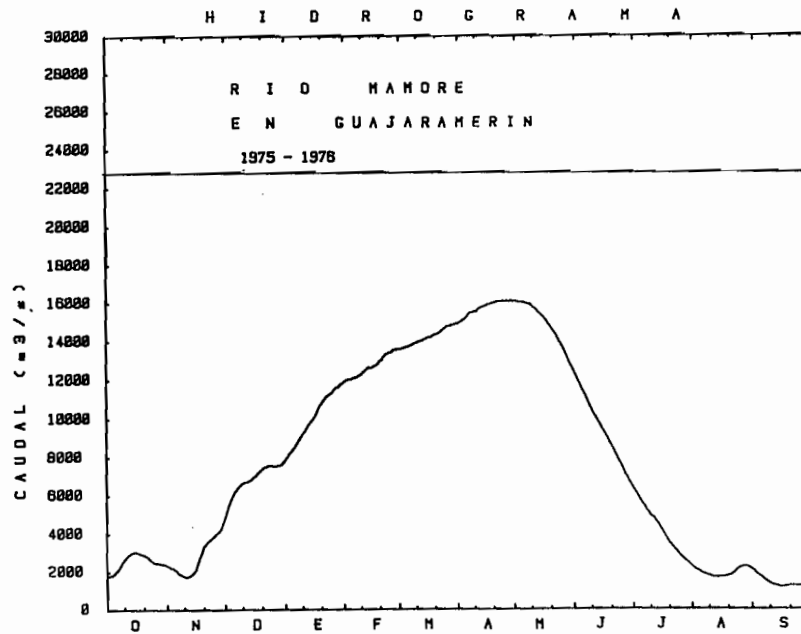


FIG. • C A U D A L E S

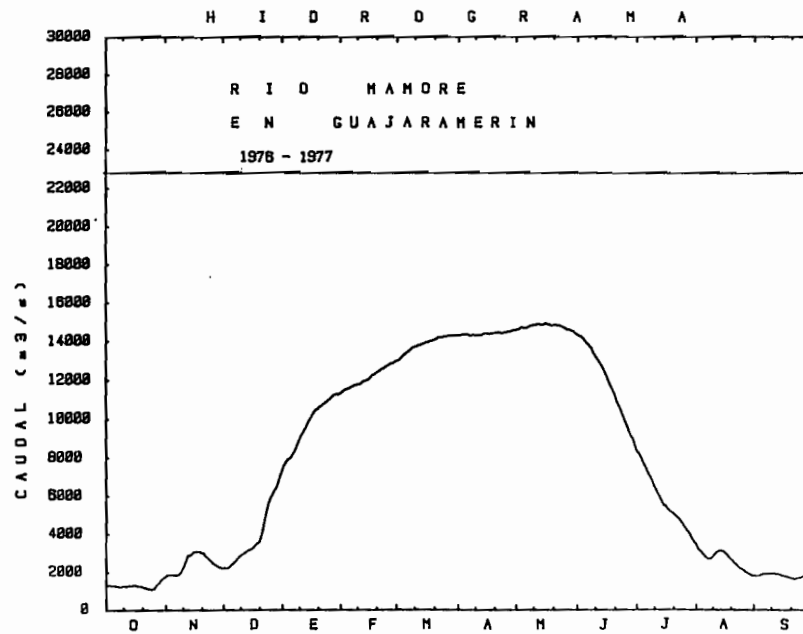


FIG. • C A U D A L E S

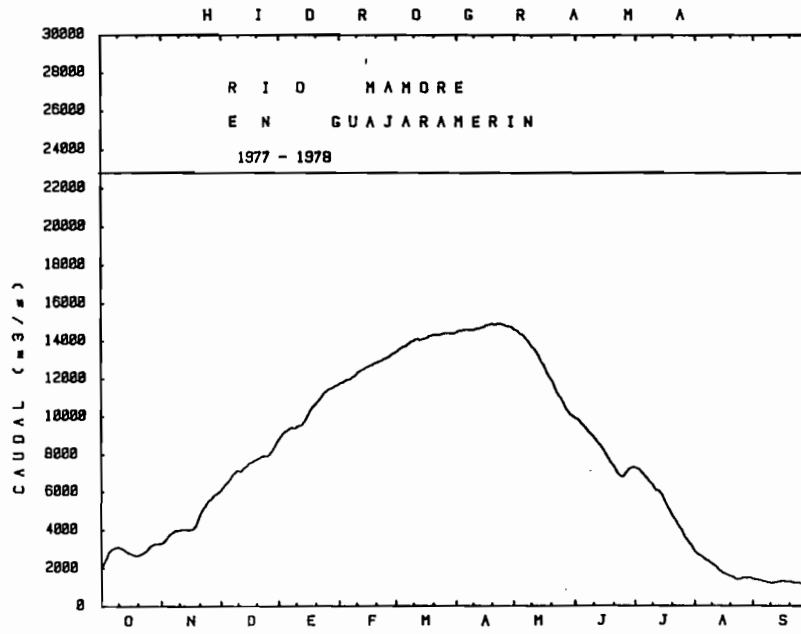


FIG. 1 C A U D A L E S

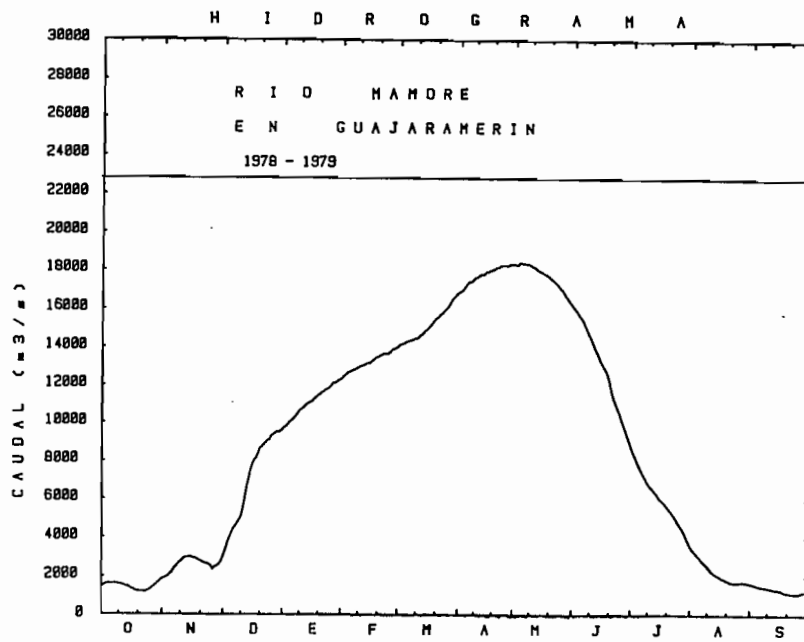


FIG. 2 C A U D A L E S

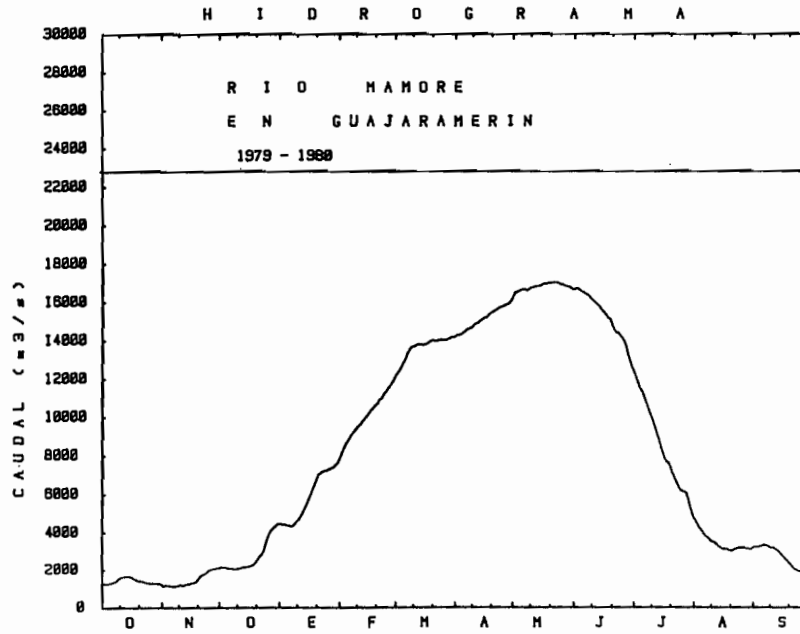


FIG. 1 C A U D A L E S

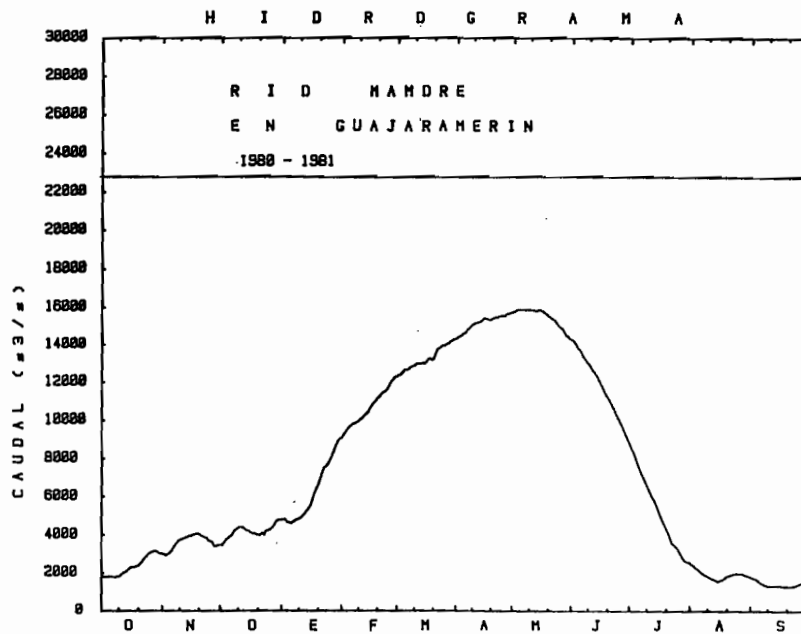


FIG. 2 C A U D A L E S

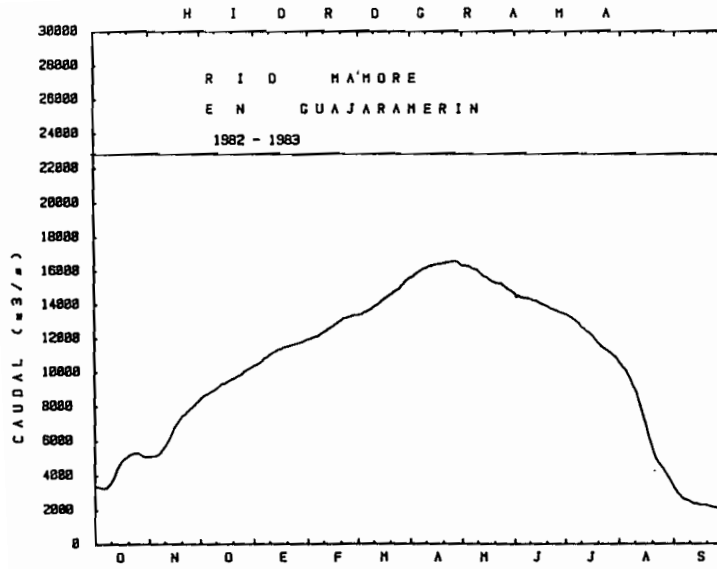
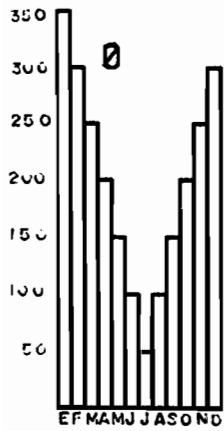


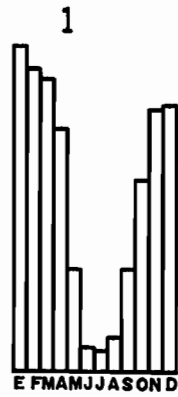
FIG. : C A U D A L E S

# HISTOGRAMAS PRECIPITACION

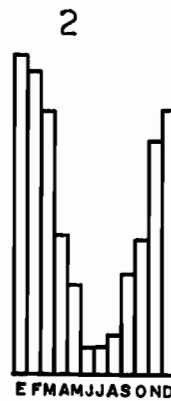
## ESCALA



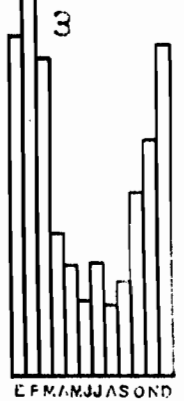
GUAYARAMERIN



MAGDALENA

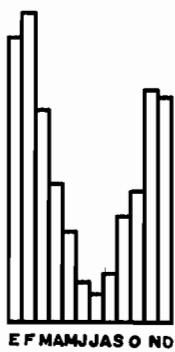


S.I. MOXOS



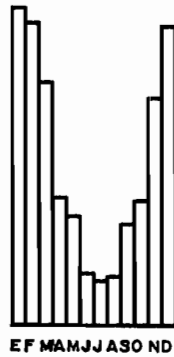
SANTA ANA

4



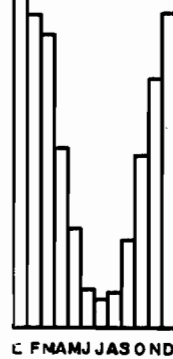
TRINIDAD

5



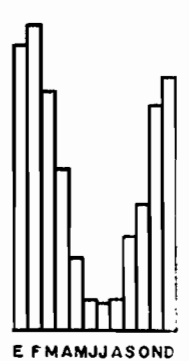
RIBERALTA

6



SAN JOAQUIN

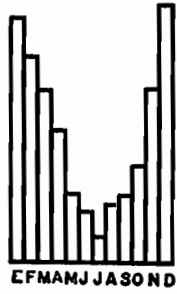
7





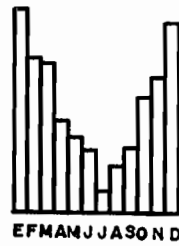
8

**SAN JAVIER**



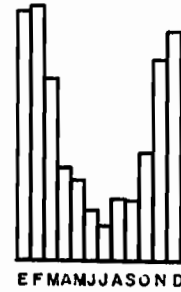
9

**ROBORE**



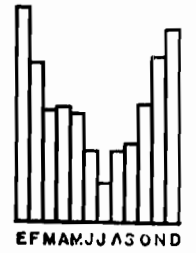
10

**ASC. GUAR .**



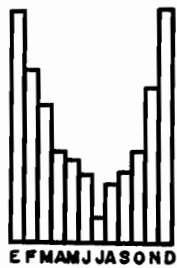
11

**STA. CRUZ**



12

**SAN JULIAN**



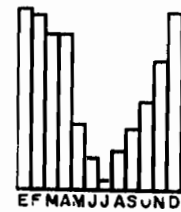
13

**CONCEPCION**



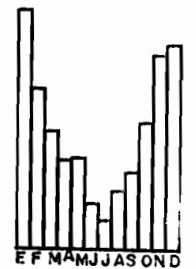
14

**SAN JOSE**

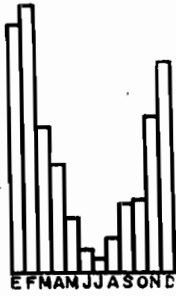


15

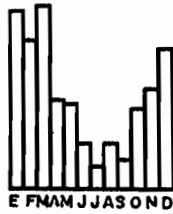
**GRAL. SAAVEDRA**



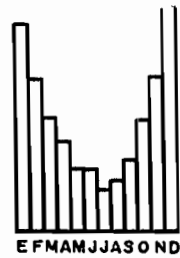
**S. I. VELASCO**



**QUIMONE**



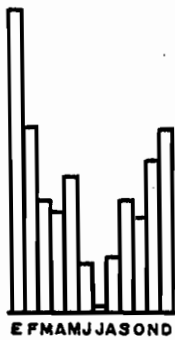
**LA BELGICA**



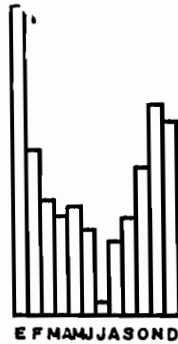
**CABEZAS**



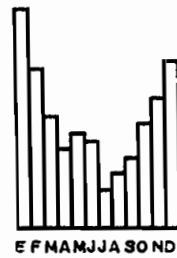
**COTOCA**



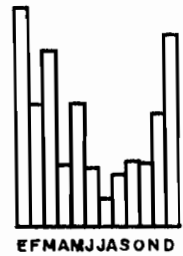
**PSTO FERNZ**



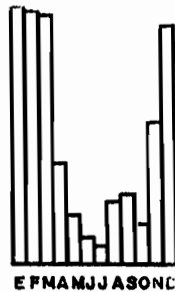
**OKINAWA I**



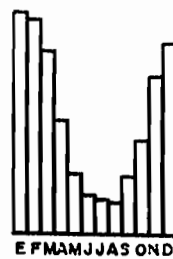
**TRES CRUCES**



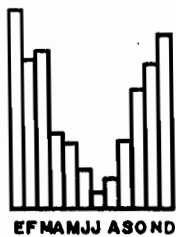
**SAN MIGUEL**



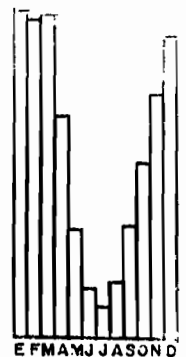
**P. RESPIRIDIAO**



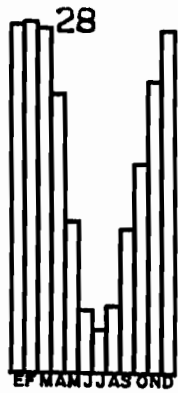
**PTO SUAREZ**



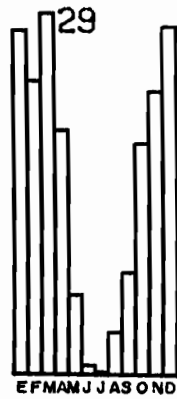
**JARU**



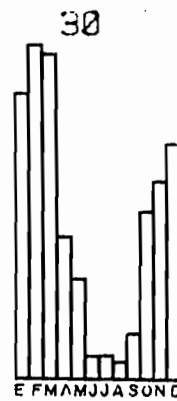
**FORTO VELHO**



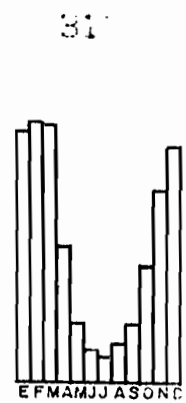
**VILHENA**



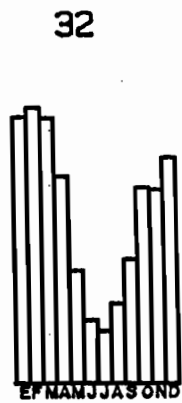
**ALTO JAURU**



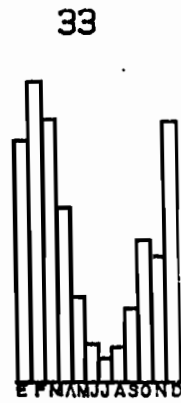
**MATO GROSSO**



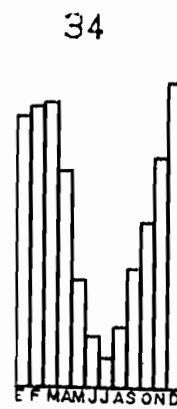
**SERINGAL**



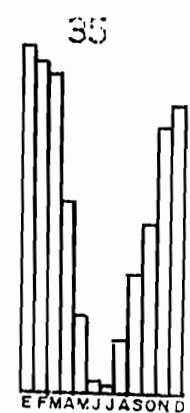
**P.E. LACERDA**



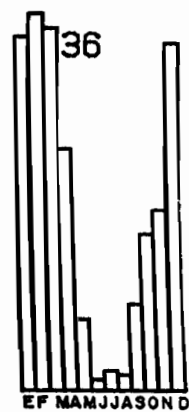
**JIPARANA**



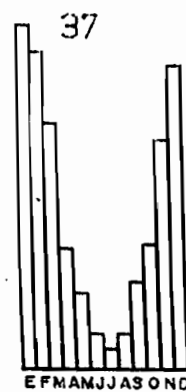
**VISTA ALEGRE**



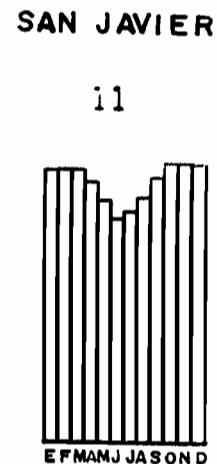
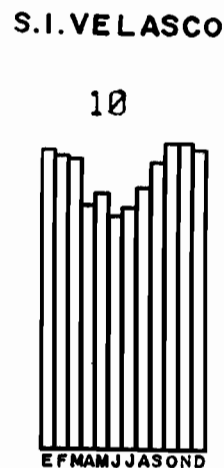
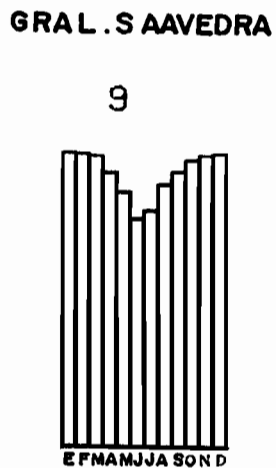
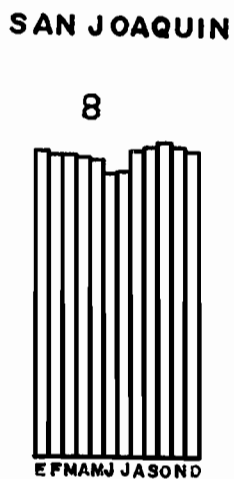
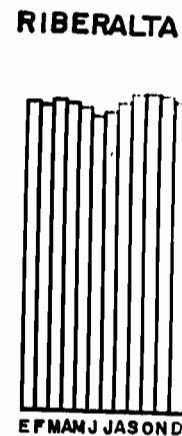
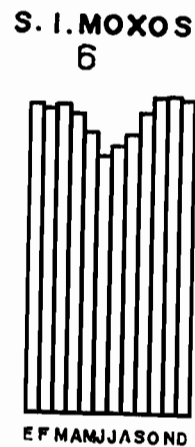
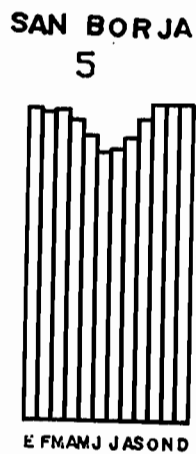
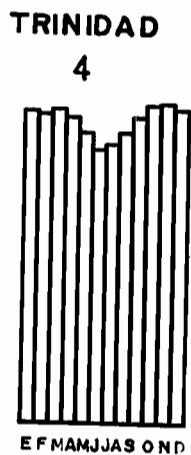
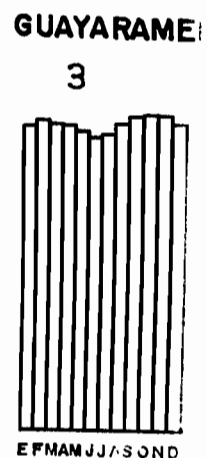
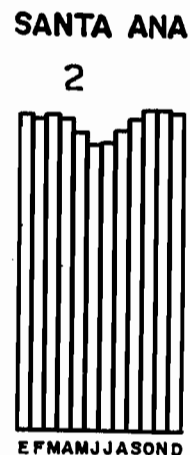
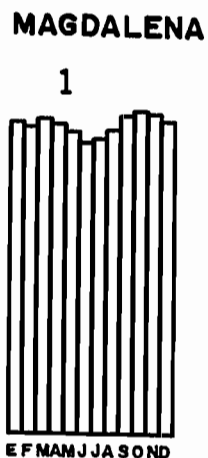
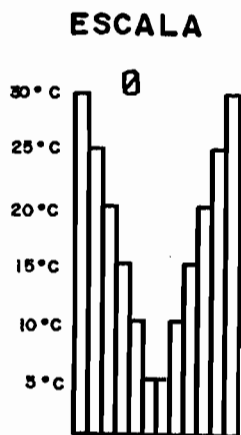
**MARCO RONDON**



**PEDRA NEGRAS**

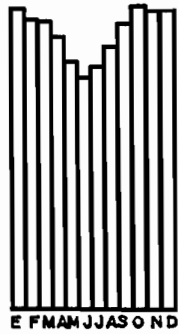


# HISTOGRAMAS TEMPERATURA



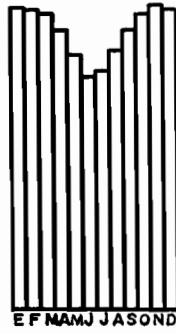
**SAN JOSE**

12



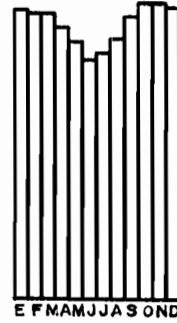
**SANTA CRUZ**

13



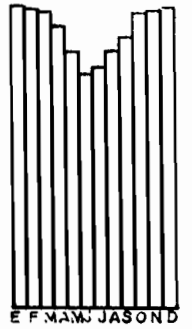
**CONCEPCION**

14



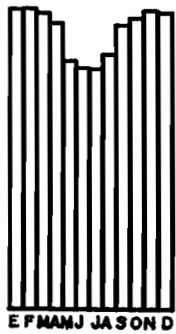
**SAN JULIAN**

15



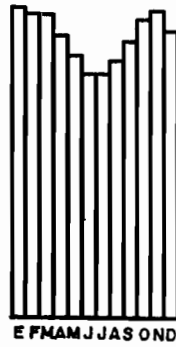
**OKINAWA I**

16



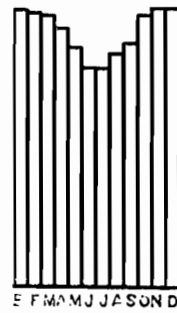
**PTO. SUAREZ**

17



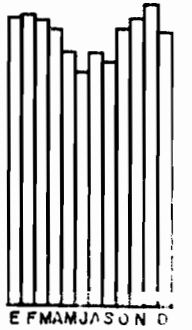
**ASC. GUARAYOS**

18



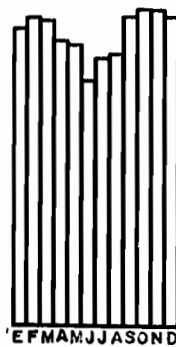
**OKINAWA II**

19

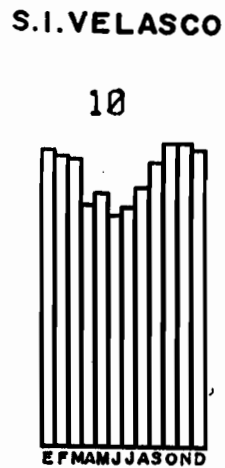
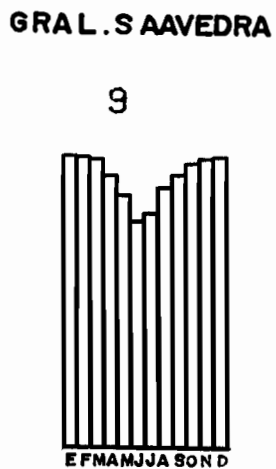
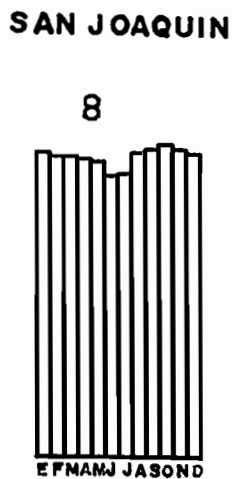
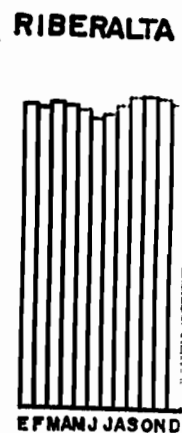
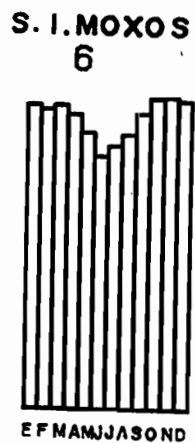
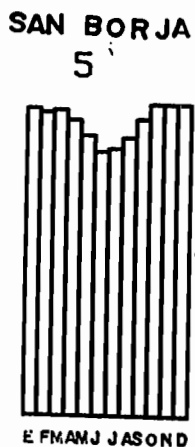
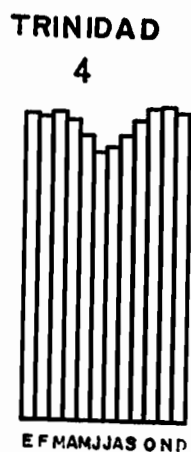
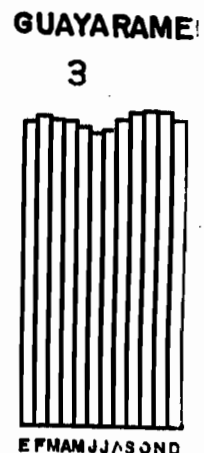
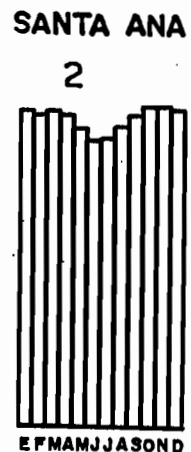
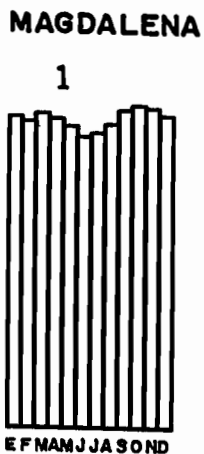
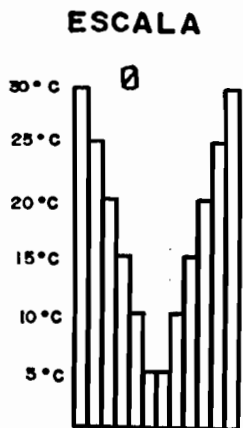


**SAN RAFAEL**

20

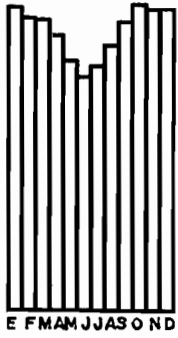


# HISTOGRAMAS TEMPERATURA



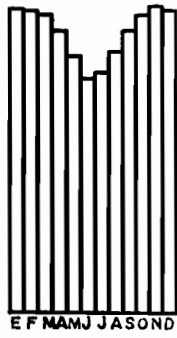
**SAN JOSE**

12



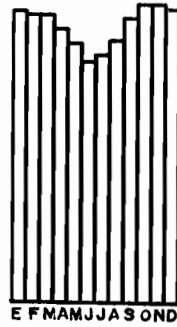
**SANTA CRUZ**

13



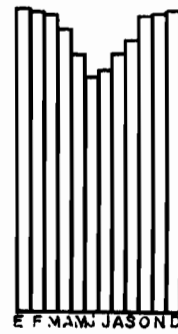
**CONCEPCION**

14



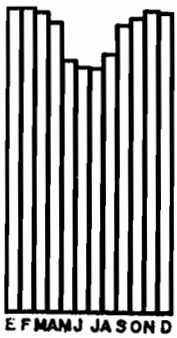
**SAN JULIAN**

15



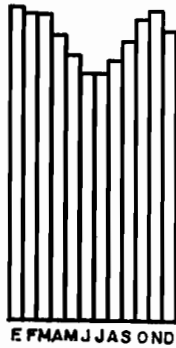
**OKINAWA I**

16



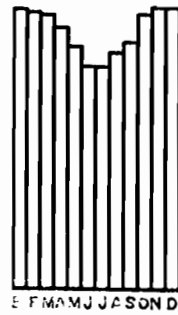
**PTO. SUAREZ**

17



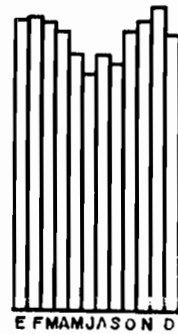
**ASC. GUARAYOS**

18



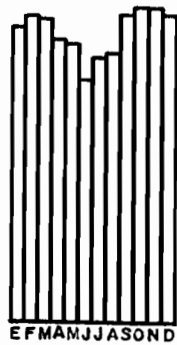
**OKINAWA II**

19



**SAN RAFAEL**

20



**CAPITULO 5****BIBLIOGRAFIA**

1. Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur  
UNESCO - ROSTLAC
2. Geografía y Recursos Naturales de Bolivia  
Ismael Montes de Oca
3. Geografía Física de Bolivia  
Federico E Ahlfeld
4. Geografía de Bolivia  
Jorge Muñoz Reyes
5. Mapa Ecológico de Bolivia
6. Projeto Radambrasil ( Volumen 19 )  
Ministerio Das Minas E Energia - Departamento Nacional Da Produção Mineral



7. El Transporte Fluvial en Bolivia. Tomo III. Cuenca del Río Itenez  
Servicio de Hidrología Naval
8. Manual de Instrucciones, Estudios Hidrológicos  
San José, Costa Rica, Mayo 1972
9. Manual de Hidrología  
Tomo I. Principios Básicos en Hidrología  
Instituto de Hidrología Rafael Heras
10. Tratado Ilustrado de Meteorología  
Por Richmond W. Langley
11. Hidrología y Recursos Hidráulicos. Tomo I - II  
Rafael Heras
12. Guía de Prácticas Hidrometeorológicas  
OMM Nº 168 TP 82 1970
13. Atlas Climatológico Da Amazonia Brasileira  
Ministerio Do Interior  
Superintendencia Do Desenvolvimento Da Amazonia Sudam  
Projeto de Hidrología E Climatología Da Amazonia-PHCA

15. Anuario Metereológico de Santa Cruz 1979  
Corporación REgional de Desarrollo de Santa Cruz  
Servicio Nacional de Metereología e Hidrología

**LISTA DE FIGURAS**

- 1.1. Ubicación de la cuenca del río Itenez
- 1.2. Unidades Fisiográficas de Bolivia
- 1.3. Mapa Hidrográfico de Bolivia
- 1.4. Bolivia Climas
- 1.5. Mapa Climático por TREWARTHA - ROBINSON
- 1.6. Regiones Morfoestructurales
- 1.7. Mapa Geológico de Bolivia
- 1.8. Mapa Ecológico de Bolivia
- 1.9. Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra
- 1.10. Mapa Generalizado de la Vegetación
- 1.11. División de Unidades Hidrológicas
2. Gráfico de Correlación Lineal
  - 2.1. Curvas Dobles Acumuladas ( Portachuelo, Santa Cruz, Cotoca )
  - 2.2. Curvas Dobles Acumuladas ( S. Rosa del Sara, Gral. Saavedra, Psto. Fernandez )
  - 2.3. Curva Doble Acumulada ( OKINAWA I, OKINAWA II )
  - 2.4. Curva Doble Acumulada ( La Bélgica, La Victoria )
  - 2.5. Curva Doble Acumulada ( San Miguel, Concepción, S. Ig. de Velasco )
  - 2.6. Curva Doble Acumulada ( San José, Tres Cruces, Quimone )

- 2.7. Curva Doble Acumulada ( Puerto Suarez, Roboré )
- 2.8. Curva Doble Acumulada ( San Borja, Riberalta )
- 2.9. Curva Doble Acumulada ( San Ig. de Moxos, Trinidad, Santa Ana )
- 2.10. Curva Doble Acumulada ( Magdalena, Pedras Negras )
- 2.11. Curva Doble Acumulada ( Pontes E Lacerda, Mato Grosso )
- 2.12. Curva Doble Acumulada ( Seringal, Porto Velho, Jiparana, Jaru )
- 2.13. Perfil Pluviométrico
- 2.14. Polígonos de THIESSEN de la Cuenca del río Itenez
- 2.15. Perfil Térmico
- 2.16. Curva de Calibración en Pontes E Lacerda
- 2.17. Curva de Calibración en Mato Grosso
- 2.18. Curva de Calibración en Pimenteiras
- 2.19. Curva de Calibración Príncipe Da Beira - Vuelta Grande
- 2.20. Cuadro Doble Acumulada R vs P Pontes E Lacerda
- 2.21. Cuadro Doble Acumulada R vs P Mato Grosso
- 2.22. Cuadro Doble Acumulada R vs P Río Mamoré Precipitación Media de la Cuenca

**LISTA DE CUADROS**

- 2.1. Cuadros Resumen de las Características de la Precipitación
- 2.2. Cuadros resumen de las Características de Temperatura
- 2.3. Cuadro Resumen de las Características de Pluviometría
- 2.4. Cuadro de Estaciones Auxiliares de Precipitación
- 2.5. Correlación Lineal Altura vs Precipitación ( Grupo A )
- 2.6. Correlación Lineal Altura vs Precipitación ( Grupo B )
- 2.7. Correlación Lineal Altura vs Precipitación ( Grupo C )
- 2.8. Cuadro de Precipitación Media Anual ( Santa Cruz )
- 2.9. Cuadro de Precipitación Media Anual ( Beni )
- 2.10. Cuadro de Precipitación Media Anual ( Brasil )
- 2.11. Precipitación Media de la Sub Cuenca Pontes E Lacerda
- 2.12. Precipitación Media de la Sub Cuenca Mato Grosso
- 2.13. Precipitación Media de la Sub Cuenca Pimenteiras
- 2.14. Precipitación Media de la Sub Cuenca Pedras Negras
- 2.15. Precipitación Media de la Sub Cuenca Itenez Bajo
- 2.16. Precipitación Media de la Sub Cuenca Rfo Baures
- 2.17. Precipitación Media de la Sub Cuenca Rfo Itonomas
- 2.18. Precipitación Media Acumulada hasta el control Fluviométrico Ma  
to Grosso )
- 2.19. Precipitación Media Acumulada hasta el control Fluviométrico Pi-  
menteiras

- 2.20. Precipitación Media Acumulada hasta el control Fluviométrico Pedras Negras
- 2.21. Precipitación Media Acumulada hasta el control Itenez Bajo
- 2.22. Precipitación Media de toda la Cuenca hasta Príncipe Da Beira
- 2.23. Pc Precipitación Media para 15 años por los Polígonos de THIESSEN
- 2.24. Precipitación Media Anual Cuenca del río Itenez ( THIESSEN )
- 2.25. Temperatura Media Anual del período ( 1968-1982 ) Santa Cruz
- 2.26. Temperatura Media Anual del período ( 1968-1982 ) Beni
- 2.27. Temperatura Media Anual del período ( 1968-1982 ) Brasil
- 2.28. Correlación Lineal Altura vs Temperatura ( Grupo A )
- 2.29. correlación Lineal Altura vs Temperatura ( Grupo B )
- 2.30. Evapotranspiración Real por la Fórmula de TURC ( Santa Cruz )
- 2.31. Evapotranspiración Real por la Fórmula de TURC ( Beni )
- 2.32. Evapotranspiración Real por la Fórmula de TURC ( Brasil )
- 2.33. Diferencia en % de la Fórmula de TURC y THORNTHWAITE
- 2.34. ETR Sub Cuenca Pontes E Lacerda
- 2.35. ETR Sub Cuenca Mato Grosso
- 2.36. ETR Sub Cuenca Pimenteiras
- 2.37. ETR Sub Cuenca Pedras Negras
- 2.38. ETR Sub Cuenca río Itonomas
- 2.39. ETR Sub Cuenca río Baures
- 2.40. ETR Sub Cuenca río Itenez Bajo
- 2.41. Doble Acumulada Precipitación vs Escorrentía Pontes E Lacerda

**214.**

- 2.42. Doble Acumulada Precipitación vs Escorrentía Mato Grosso
- 2.43. Doble Acumulada Precipitación vs Escorrentía Guayaramerín
- 2.44. Cuadro de Escorrentía Media Anual de 15 años Método LANGBEIN
- 2.45. Cuadro Caudales Medios

### TERMINOLOGIA, SIMBOLOGIA Y SIGLAS

A	=	Area ( $\text{Km}^2$ )
$A_T$	=	Area total ( $\text{Km}^2$ )
$A_S$	=	Area Superficie Seca ( $\text{Km}^2$ )
$A_B$	=	Area de Bañados ( $\text{Km}^2$ )
D	=	Densidad de drenaje
Em	=	Extensión Media del Escurrimiento Superficial
E	=	Evaporación
ETP	=	Evapotranspiración Potencial
ETR	=	Evapotranspiración Real
H	=	Altitud Absoluta ( m.s.n.m. )
Ic	=	Indice de Compacidad
P	=	Precipitación ( mm )
PPA	=	Patrón de Precipitaciones Anuales ( mm )
CDA	=	Curva Doble Acumulada ( mm )
PR	=	Patrón de Escorrentía ( mm )
RB	=	Estadística Fluviométrica Base ( mm )
Q	=	Caudal ( $\text{m}^3/\text{S}$ )
q	=	Caudal específico de una cuenca ( $\text{l/S/Km}^2$ )
R	=	Lámina de Escorrentía ( mm )
-	=	Valor Medio ( guión sobre el símbolo )



<>	=	Valor espacial entre el símbolo
r	=	Coeficiente de Correlación
T	=	Temperatura Media Ambiental °C
r	=	Término de discrepancia en la ecuación del balance hídrico superficial
IHH	=	Instituto de Hidráulica e Hidrología
SENAMHI	=	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
ORSTOM	=	Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo en Cooperación
UNESCO	=	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
ROSTLAC	=	Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe
PHICAB	=	Proyecto Hidrológico de la cuenca de la Amazonía de Bolivia
DNAEE y DCRH	=	Ministerio de Minas y Energía de la República del Brasil

P H I C A B

LISTE DE TRAVAUX

MARS 1987

- ABASTO N, HOORELBECKE R, ROCHE MA, et al (1985). Características y calibración de la red hidrométrica PHICAB en la cuenca amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 120 p.
- ABASTO N, HOORELBECKE R, ROCHE MA, RUBIN DE CELIS L (1985). Alturas de agua y caudales, limnigramas y hidrógramas de la red hidrométrica PHICAB en la cuenca amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 70 p.
- APOTEKER A, ROCHE MA, RUBIN DE CELIS L (1985). Programas informáticos para el procesamiento de datos de conductividad de agua, PHICABC. Goupil 3 Flex 9 Basic 8" ploter. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 21p.
- ESPINOZA OF (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Beni. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH Tesis UMSA, 181 p.
- GARCIA WA (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Mamoré. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH Tesis UMSA, 110 p.
- GOUZE PH, FERHI A, FONTES J-CH, ROCHE MA, (1987). Composition isotopique (180) de la matière organique des tourbières actuelles et holocènes en Bolivie. Résultats préliminaires et perspectives d'application en paléoclimatologie. Séminaire "Paléolacs-Paléoclimats", ORSTOM, Bondy, 29-30, janvier 1987.
- GUZMAN WD, ROCHE MA (1985). Programas de análisis pluviométricos (consistencia de datos mensuales para 50 estaciones, hietógramas mensuales de series de 30 años, análisis mensuales de la estación seca y húmeda para series mensuales de 30 años). Flex 9 BASIC GOUPIL 8" ploter. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH, 24 p.
- HERBAS C (1987). Climatología de la cuenca andina y amazónica del Río Grande, Bolivia. PHICAB: IHH-CONAPHI-ORSTOM, 240 p.
- LOZADA GA (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Lago Titicaca. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH. Tesis UMSA, 158 p.
- MARIACA JJ (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Lago Poopo y los salares de Uyuni y Coipasa-Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH. Tesis UMSA 203 p.
- ROCHE MA (1982). Les conditions d'une étude hydrologique en Amazonie Bolivienne. PHICAB: ORSTOM, 31 p.

- ROCHE MA, CANEDOM(1984). Programa Hidrológico y Climatológico de la Cuenca Amazónica de Bolivia. Plaquette de présentation du PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, Folleto 4 p.
- ROCHE MA, ROCHA N (1985). Mapa pluviométrico de Bolivia y regiones vecinas, 1/4 000 000. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 1 hoja offset.
- ROCHE MA, ABASTO N, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Mapa de las salinidades iónicas de los ríos de la Cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-LHM, 1 hoja offset.
- ROCHE MA, ABASTO N, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Mapa de las concentraciones en aniones de los ríos de la Cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: ORSTOM-SENAMHI- LHM, 1 hoja offset.
- ROCHE MA, ABASTO N, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Mapa de las concentraciones en cationes de los ríos de la Cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-LHM, 1 hoja offset.
- ROCHE MA, FERNANDEZ C, APOTEKER A, ABASTO N, CALLE H, TOLEDE M, CORDIER J.P., POINTILLART C (1986). Reconnaissance hydrochimique et première évaluation des exportations hydriques et salines des fleuves de l'Amazonie bolivienne. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH-LHM, 257 p.
- ROCHE MA, FERNANDEZ C, RONCHAIL J, BOURGES J, GUYOT JL (1986). Participación del PHICAB al simposio de la investigación francesa en Bolivia. PHICAB: IHH-ORSTOM-SENAMHI-IFEA-AASANA-IBTEN, 35 p.
- ROCHE MA, FERNANDEZ C (1987). Ressources hydriques, salinités et exportations salines des fleuves de l'Amazonie bolivienne. PHICAB: IHH-CONAPHI-ORSTOM, 30 p.
- RONCHAIL J (1985). Situations météorologiques et variations climatologiques en Bolivie (Situations météorologiques - Analyses de séries climatiques - Inventaire de saisons exceptionnelles). PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA, 60 p.
- RONCHAIL J (1985). Relations de saisons remarquables avec la structure de l'atmosphère et les situations météorologiques sur l'Altiplano péruano-bolivien. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA, 38 p.
- RONCHAIL J (1986). Variations climatiques hivernales à Santa Cruz de la Sierra. Amazonie bolivienne. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA. Communication au Symposium Ecologique-Impacto del Desarrollo en la Ecología del Trópico Boliviano, Santa Cruz 1986, 16 p.
- RONCHAIL J (1986). Situations atmosphériques et précipitations comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie - Bolivie. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA, 36 p.
- RONCHAIL J (1986). Situations atmosphériques et températures comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie - Bolivie. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA
- RUBIN DE CELIS L, ROCHE MA (1985). Programas informáticos para el procesamiento de datos hidrométricos básicos PHICABHQ. Goupil3 Flex9 BASIC 8" ploter. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 58 p.







66°

65°

64°

63°

62°

61°

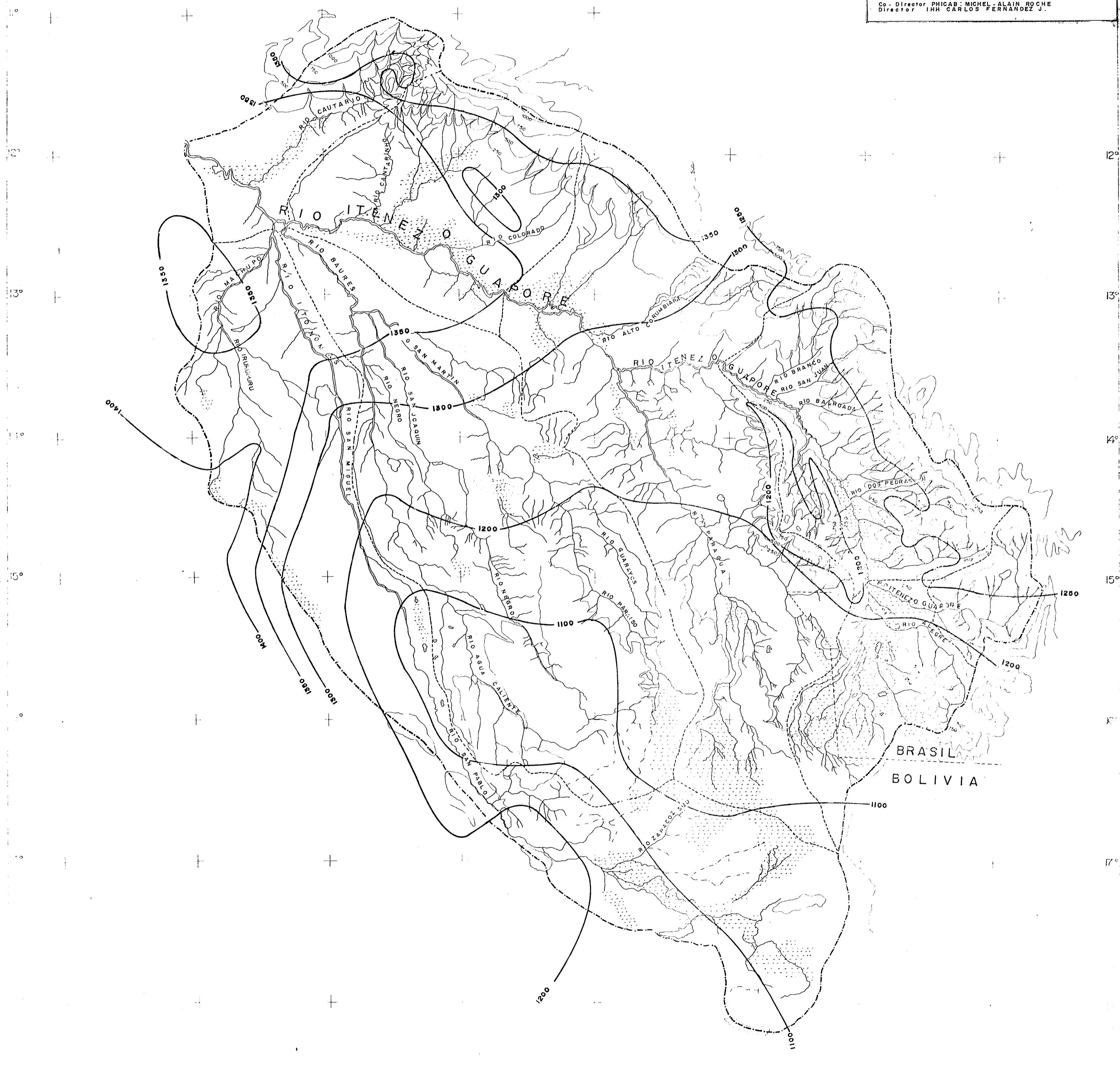
6

REPUBLICA DE BOLIVIA

IHH PHICAB ORSTOM CONAPHI

CUENCA: RIO ITENEZ 1968-1982

EVAPOTRANPIRACION REAL  
REALIZADO POR: CARLOS J. CRUZ LLANOS  
Co-Director PHICAB: MICHEL-ALAIN ROCHE  
Director IHH: CARLOS FERNANDEZ J.



66°

65°

64°

63°

62°

61°

6

REPUBLICA DE BOLIVIA

IHH PHICAB ORSTOM CONAPHI

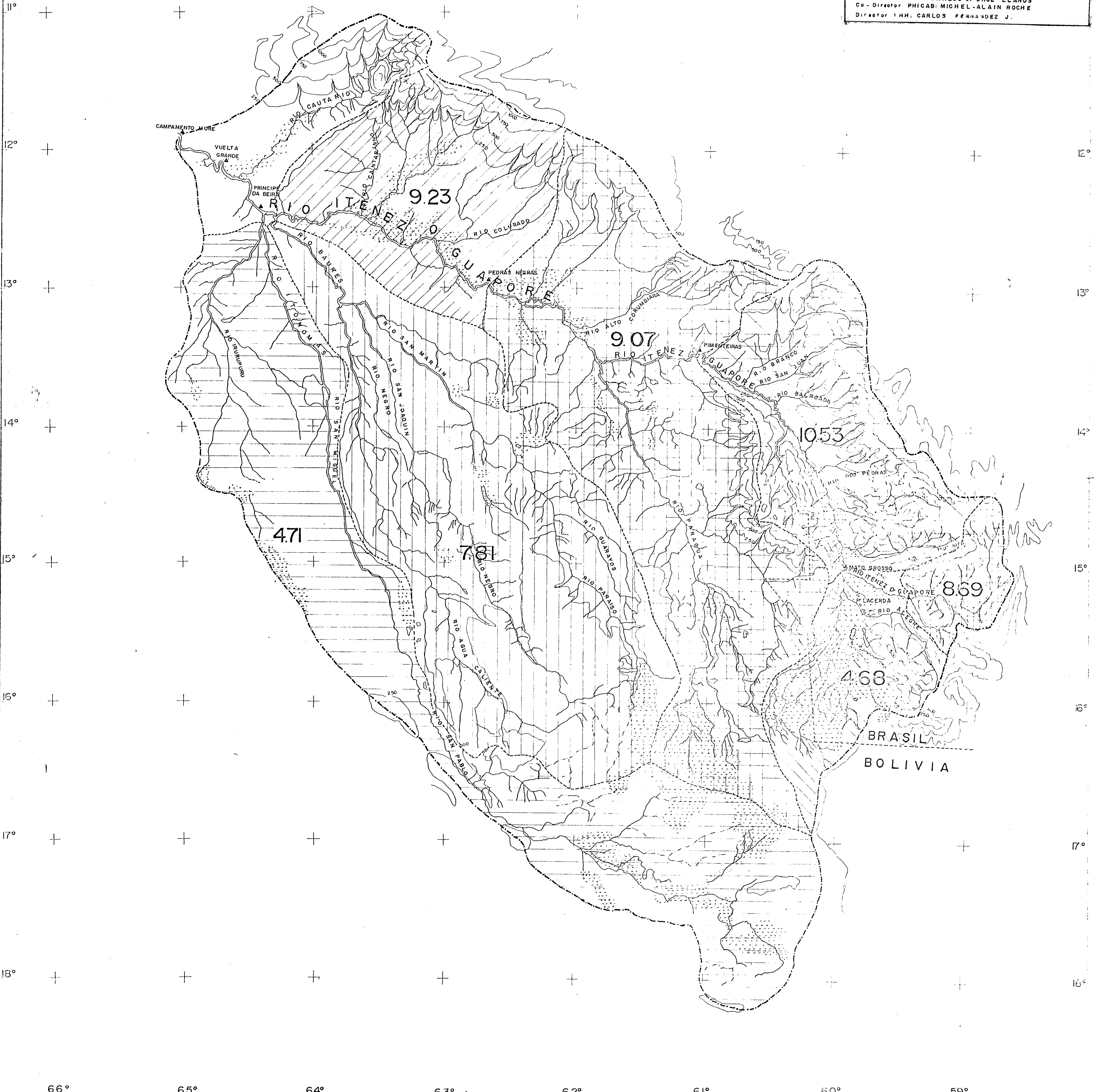
CUENCA: RIO ITENEZ 1968-1982

EVAPOTRANPIRACION REAL  
REALIZADO POR: CARLOS J. CRUZ LLANOS  
Co-Director PHICAB: MICHEL-ALAIN ROCHE  
Director IHH: CARLOS FERNANDEZ J.

66° 65° 64° 63° 62° 61° 60°

REPUBLICA DE BOLIVIA  
IHH PHICAB ORSTON  
CONAPHI

CUENCA: RIO ITENEZ 1968-82  
CAUDALES ESPECIFICOS  
REALIZADO POR: CARLOS J. CRUZ LLANOS  
Co-Director PHICAB: MICHEL-ALAIN ROCHE  
Director IHH: CARLOS FERRAZ DEZ J.



11° 12° 13° 14° 15° 16° 17° 18°

12° 13° 14° 15° 16° 17° 18°

66° 65° 64° 63° 62° 61° 60° 59°