

IHH

PHICAB

ORSTOM

CONAFI

CLIMATOLOGIA DE LA CUENCA
ANDINA Y AMAZONICA
DEL RIO GRANDE
BOLIVIA



CARLOS H. HERBAS C.

I H H

P H I C A B

O R S T O M

C O N A P H I

C L I M A T O L O G I A D E L A C U E N C A
A N D I N A Y A M A Z O N I C A
D E L R I O G R A N D E
B O L I V I A

C A R L O S H . H E R B A S C .

C O - D I R E C T O R P H I C A B : M I C H E L - A L A I N R O C H E

D I R E C T O R I H H : C A R L O S F E R N A N D E Z J A U R E G U I

1987

INDICE DE CAPITULOS

I. INTRODUCCION.

1.1 Importancia del clima.

1.2 Propósito del estudio.

II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

2.1 Situación geográfica y clima.

2.2 Fisiografía, geología y vegetación.

2.3 Hidrometeorología.

III. MORFOLOGIA DE LA CUENCA.

3.1 Generalidades.

3.2 Características morfológicas.

3.2.1 Area de Drenaje.

3.2.2 Índice de Compacidad.

3.2.3 Densidad de Drenaje.

3.2.4 Coeficiente de Torrencialidad.

3.2.5 Pendiente Media del Rio.

3.2.6 Tiempo de concentración.

3.2.7 Datos por subcuencas.

IV. ESTUDIO DE PARAMETROS CLIMATOLOGICOS.

4.1 Precipitación.

4.1.1 La red pluviométrica - los periodos de observación.

4.2.2 Pluviometrias anuales.

4.1.2.1 Critica de los datos anuales.

4.1.2.2 Conclusión sobre los datos anuales.

4.1.2.3 Presentación de resultados.

4.1.2.4 Precipitación media anual.

4.1.3 Pluviometrias mensuales.

4.1.3.1 Número de días de lluvia por mes.

4.1.3.2 Conclusiones sobre los datos mensuales.

4.1.3.3 Precipitación media mensual en Enero.

4.1.3.4 Precipitación media mensual en Julio.

4.2 Temperatura.

4.2.1 Comparación de la temperatura de las estaciones climatológicas de la cuenca del Rio Grande.

4.2.1.1 Comparación de las temperaturas medias mensuales.

4.2.1.2 Comparación de las temperaturas máximas mensuales.

4.2.1.3 Comparación de las temperaturas mínimas mensuales.

4.2.2 Presentación de los resultados.

4.2.2.1 Temperatura media anual.

4.2.2.2 Temperatura máxima promedio anual.

4.2.2.3 Temperatura mínima promedio anual.

4.2.2.4 Temperatura media en Junio.

4.2.2.5 Temperatura media en Noviembre.

4.3 Vientos.

4.3.1 Rosa de los vientos, promedio mensual.

4.3.1.1 Rosa de los vientos: Enero, Febrero,
Marzo y Abril.

4.3.1.2 Rosa de los vientos: Mayo, Junio, Julio y
Agosto.

4.3.1.3 Rosa de los vientos: Septiembre, Octubre,
Noviembre y Diciembre.

4.3.2 Vientos promedio anual.

4.4 Humedad relativa.

4.5 Insolación.

4.6 Evaporación y evapotranspiración.

4.6.1 Conceptos.

4.6.2 Precisión en su estimación.

4.6.3 Evaporación.

4.6.4 Evapotranspiración.

4.6.4.1 Fórmula de Thornthwaite.

4.6.4.2 Fórmula de Penman.

4.6.4.3 Fórmula de Turc.

4.6.5 Presentación de resultados.

4.6.6 Comentario a los métodos para el cálculo de
evapotranspiración.

4.7 Climatología.

4.7.1 Clasificación de climas.

4.7.2 Climas en la cuenca.

4.7.3 Análisis de clima por comparación con otros autores.

4.7.4 Resumen y conclusiones.

V ESTUDIO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS.

5.1 Generalidades.

5.2 Estudio Estadístico.

5.2.1 Estudios Altura Precipitación - Area - Duración

5.2.2 Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia.

5.3 Análisis Cualitativo.

5.3.1 Comportamiento de los parámetros climatológicos.

5.3.1.1 Crecida del 15/01/78

a) Precipitación

b) Temperatura.

c) Humedad Relativa.

d) Viento.

5.3.1.2 Crecida del 14/01/81

a) Precipitación.

b) Temperatura.

c) Humedad Relativa.

d) Viento.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

6.2 Recomendaciones.

BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I
INTRODUCCION

I INTRODUCCION

1.1 Importancia del clima

El conocimiento del clima y sus variaciones, es de importancia fundamental para todas las actividades humanas. Estas, así como la distribución de la vida animal y vegetal sobre el planeta son reguladas por diversos factores naturales, entre los cuales merece especial atención y estudio el clima.

Cualquier manifestación de vida tiene una estrecha relación con el clima, lo cual no puede pasar desapercibido a ningún ser humano, la prueba de ello la tenemos que aún el hombre primitivo a vivido pendiente de los fenómenos del tiempo.

Haciendo un resumido análisis de su acción sobre las más importantes actividades del hombre, nos demostrará la importancia que tiene el conocimiento y estudio de éste.

Si nos detuviésemos a analizar la evolución y adelanto de la humanidad sacaríamos en conclusión que ha sido ésta muy desigual y posiblemente uno de factores que motivaron esta desigualdad ha sido el clima, ya que ésta determina la energía física y mental

de los hombres, así como los medios de vida y hábitos sociales, aseveraciones éstas que quedarían probadas por el hecho de que en aquellos lugares, en los que el clima ha sido peculiarmente favorable, la civilización ha llegado a su máximo grado.

La producción agrícola es una de las fuentes económicas más estables en la vida de los pueblos, pero, sus alcances se encuentran limitados principalmente por las condiciones climáticas, sin que quiera decir que no existan otros factores importantes, ya sean económicos o sociales.

Los factores para determinar las posibilidades de explotación agrícola son clima y suelo, podríamos considerar que el primero de los nombrados es el más importante, no sólo por ser el que determina la calidad de los cultivos, sino que también imprime características especiales para su explotación; el segundo que se refiere a la clase de los suelos, también juega un papel preponderante en la producción agrícola, pero sin perder de vista, que la superficie de la tierra, así como su composición es modificada por el proceso de los factores del tiempo, vale decir el clima, que influye directamente en la formación del suelo de varias maneras.

El fenómeno principal para la formación de los suelos es la erosión, que es originada por dos de los factores climatológicos más importantes, temperatura y lluvia, la acción de estos

elementos origina la desintegración de los suelos y de la roca misma por acción química o física, esta es una de las razones por la que la clasificación de los suelos, guarde una estrecha relación con la división de las zonas climatéricas de la tierra, por lo que se reconoce que "Los elementos climatológicos son los agentes predominantes en la formación de los suelos".

En la distribución de la vegetación natural sobre la superficie de la tierra, también los dos factores más importantes son el suelo y el clima.

En el aspecto médico y de salud pública, también el clima tiene una gran importancia. Tenemos climas, que por sus características, permiten la propagación de ciertas epidemias, en cambio serán inadecuadas para otras. La construcción de sanatorios no podría encararsela adecuadamente sin un conocimiento previo y concreto del clima.

El desarrollo industrial y por consiguiente económico de un lugar, marchará de acuerdo a la favorabilidad del clima, ya que éste es uno de los principales elementos determinantes de la producción y lógicamente, las industrias tendrán su florecimiento en los lugares próximos de producción de materias primas necesarias para su mantenimiento.

En síntesis el clima determina: Las características vegetales de

la tierra, los medios de vida, alimentación, costumbres, hábitos sociales, vivienda, etc; y en general en forma más o menos directa en todas las actividades humanas.

1.2 Propósito del estudio.

Compenetrados en la importancia que tiene el conocimiento del clima y considerando que los que tenemos en Bolivia y en particular los de la cuenca del Rio Grande, no han sido profundizadas, ya que la mayoría de los textos no hacen otra cosa que dividir el territorio en algunas zonas que se las diferencia desde un punto de vista exclusivamente geográfico y de ninguna manera encuadrados a un criterio técnico climatológico moderno, ya que para estas clasificaciones se ha carecido de una estadística relativamente larga de los fenómenos climáticos, elemento éste, imprescindible para un estudio climatológico.

En consecuencia, en el presente proyecto se propone relieves la gran importancia que tiene el adecuado conocimiento del clima, encarando el problema de acuerdo a sistemas de clasificación suficientemente probadas en otras partes del mundo y de esta manera obtener una herramienta útil, en la elaboración y realización de futuros planes de desarrollo de la región.

También, la intención de este estudio es materializar algunas de las técnicas que concurren a la descripción de las característi-

cas climáticas de la región, que sin ser complicada resulta de utilidad para las personas que en nuestro país requieran de estos datos.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

II DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

2.1 Situación geográfica y clima.

El área de la cuenca (fig II-1), está comprendida entre las coordenadas geográficas 62°45' a 67°00' de longitud oeste y 15°55' a 20°15' de latitud sur, abarcando parte de los departamentos de Cochabamba, Potosí, Sucre y Santa cruz. Las cabeceras del Rio grande se encuentran a elevaciones de 3.500 a 4.500 m.s.n.m.. A la elevación de unos 400 metros, el rio ingresa en las llanuras del Chaco, corriendo desde el flanco oriental de los andes y luego fluye hacia el norte para unirse a los afluentes del rio Amazonas.

La cuenca del Rio Grande aguas arriba de las llanuras del chaco desde el pueblo de Abapó, cubre aproximadamente 60.000 Km², extendiéndose a lo largo de unos 360 Km. desde sus cabeceras en el oeste, hasta las llanuras chaqueñas en el Este.

El clima en la región es cálido y húmedo en el verano (diciembre a marzo) y seco en el invierno.

La temperatura rara vez baja del punto de congelamiento, excepto en la mayores elevaciones de la cuenca. La precipitación anual

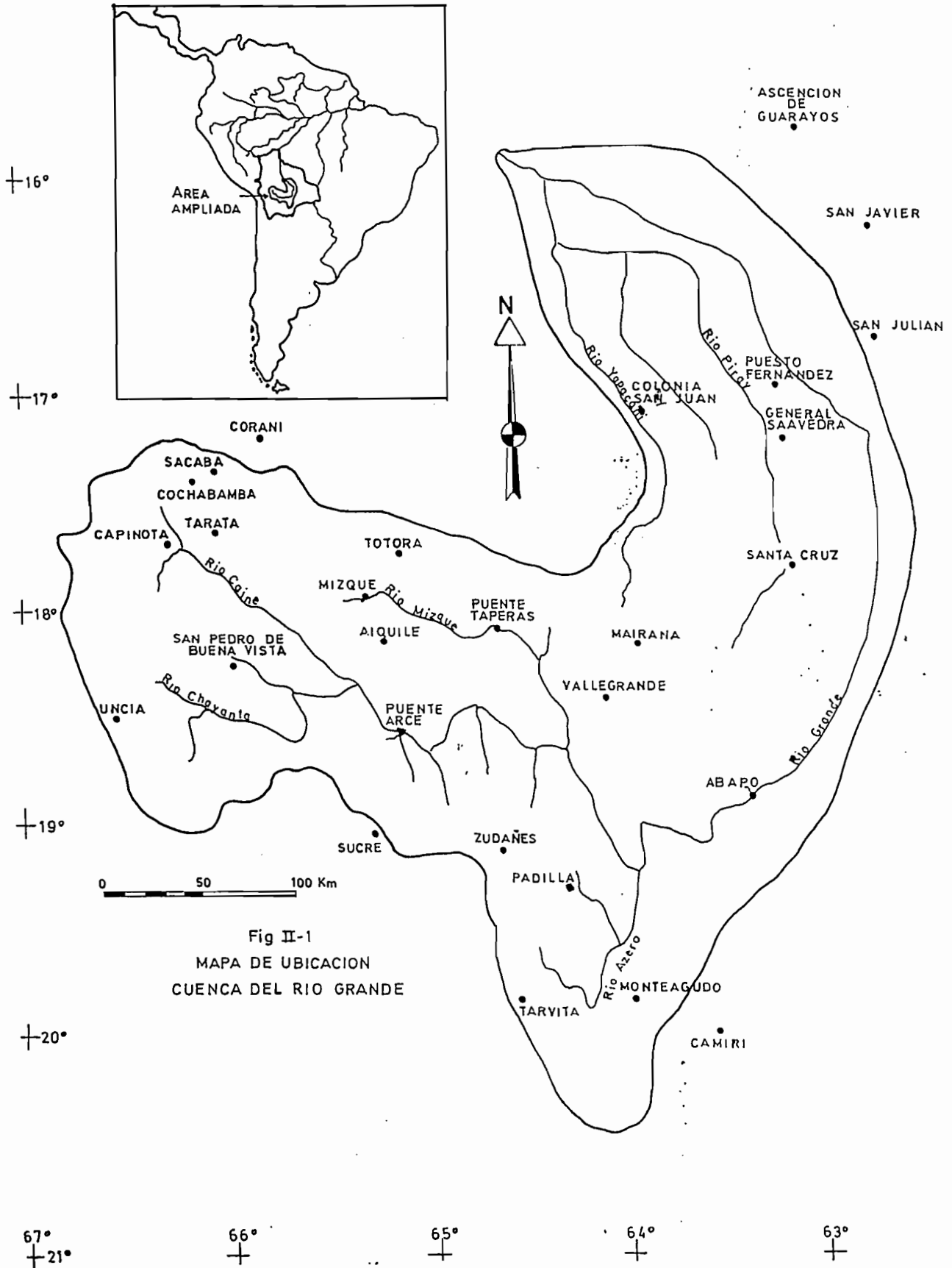


Fig II-1
MAPA DE UBICACION
CUENCA DEL RIO GRANDE

varía desde unos 450 a 800 mm., en la parte alta de la cuenca y por encima de los 1.000 mm. en la parte baja.

La evaporación de una superficie de agua libre, varía de 80 milímetros por mes en junio y julio a 120 mm. en octubre, noviembre y diciembre.

La dirección de los vientos es variable en la parte alta de la cuenca y prácticamente constante en el norte y noroeste de la parte baja.

2.2 Fisiografía, geología y vegetación.

El área de drenaje y el esquema general del cauce están mostrados en la figura II-2, que se deriva del mapa hidrográfico de Bolivia en escala de 1: 1.000.000.

La cuenca tiene un área aproximada de 114.800 Km² el Rio Grande nace cerca de Cochabamba en la vertiente oriental de los andes, donde las altitudes oscilan entre 3.500 a 4.500 metros sobre el nivel del mar. Desciende luego muy rápidamente a través del terreno que está sumamente cortado. En Abapó, aproximadamente a 700 Kilómetros desde su remota nacimiento (medidos a lo largo del río), emerge desde valles montañosos y luego atraviesa una planicie muy uniforme a una altitud de aproximadamente 400 metros. La cuenca tiene dos zonas bien diferenciadas, una zona montañosa y la otra plana y ambas de casi igual superficie.

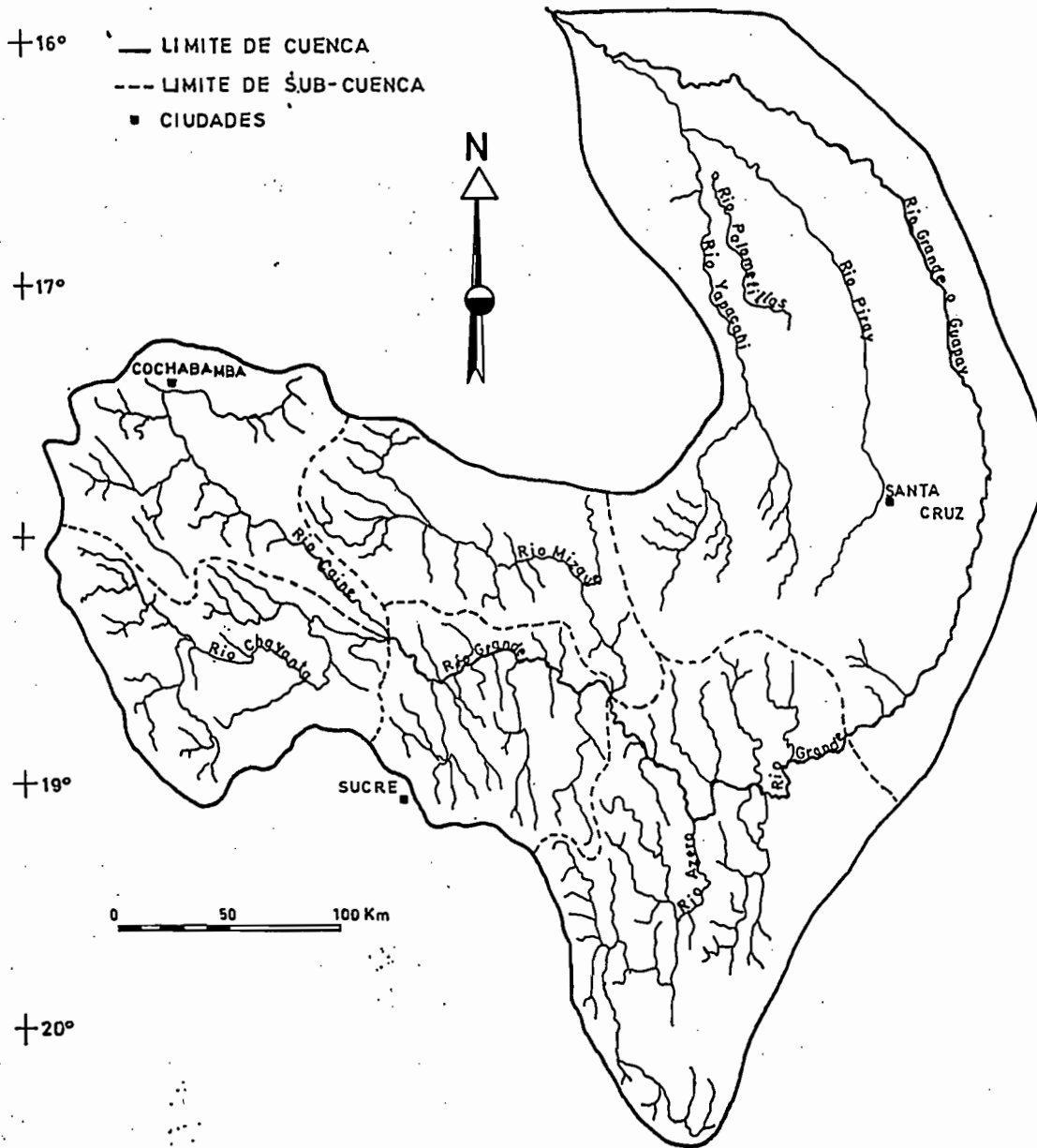


Fig II-2
CUENCA HIDROGRÁFICA
DEL RIO GRANDE

21°
67°

66°

65°

64°

63°

Las montañas están constituidas principalmente de serranías paralelas con una orientación noroeste-sudeste (ver figura II-3). Los cauces en la cuenca usualmente empiezan corriendo a lo largo de los valles, pero, luego cortan las serranías paralelas atravesándolas en muchos sitios. Siguen su curso en zig-zag a medida que se abren camino a la llanura inferior.

En la parte superior de la cuenca predominan "suelos montañosos". Deben ser presumiblemente derivados de areniscas y lutitas recientes que formaban las montañas y que parecen ser poco profundos. Las tasas de erosión son altas debido a que las colinas y los canales son escarpados, la vegetación es escasa y principalmente de monte bajo, matorrales espinosos con pequeñas áreas de pajonal y en general muy espaciadas, muy poca tierra está bajo cultivo.

La parte de aguas abajo de la cuenca es muy diferente a la que se ha descrito. Las pendientes de la tierra y de los canales son muy bajas, la lluvia es alta y la vegetación es relativamente densa. La topografía, lluvia alta, vegetación elevada y presencia de pantanos indican que el nivel freático en esta región es alto.

Desde el punto de vista de la permeabilidad, la zona superior y media de la cuenca hidrográfica del Río Grande (ver fig. II-4) se halla constituida en su mayor parte por terrenos impermeables (rocas ordovícicas y devónicas conformadas por una serie de lutitas,

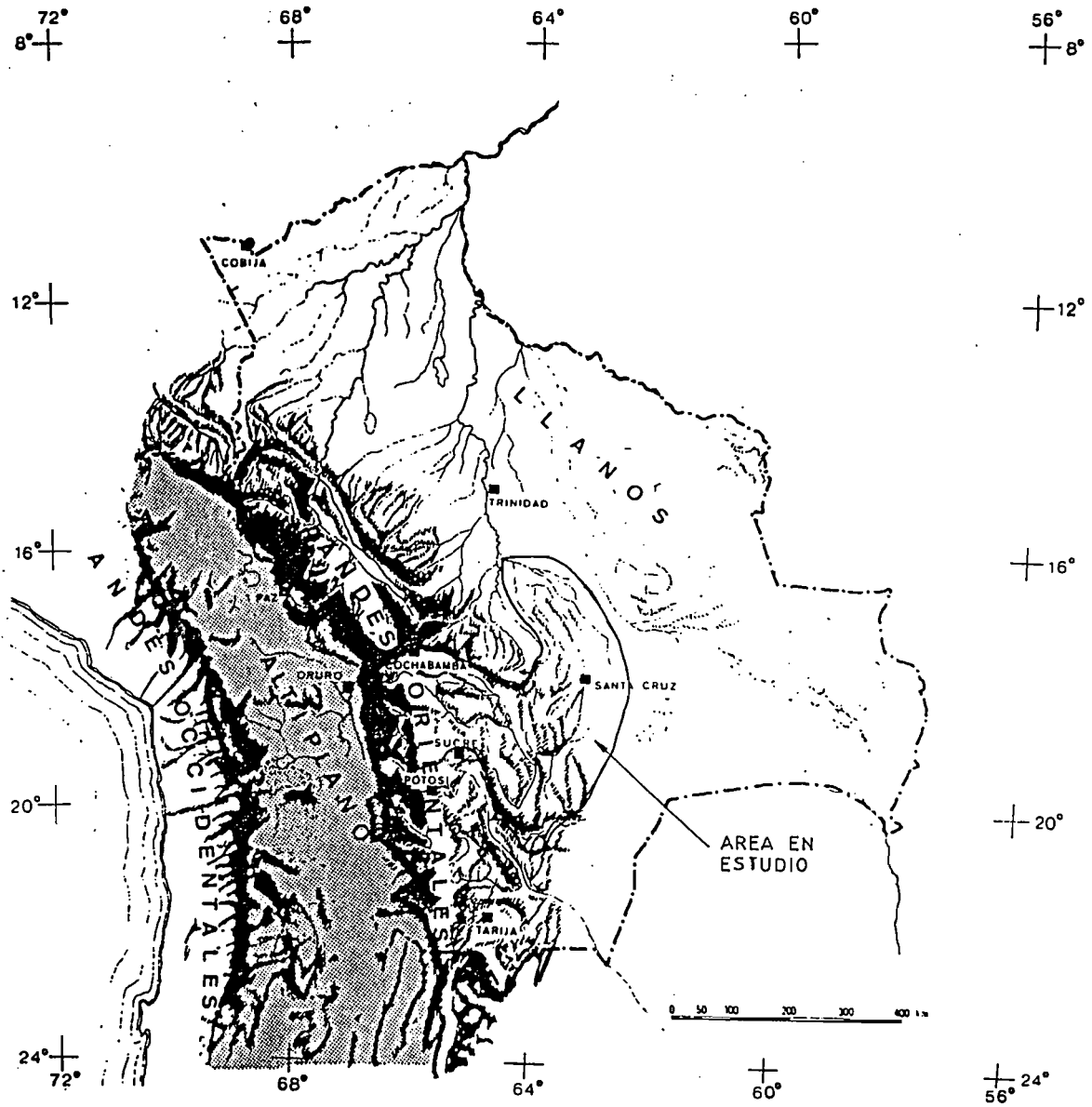


Fig II-3
MAPA OROGRAFICO

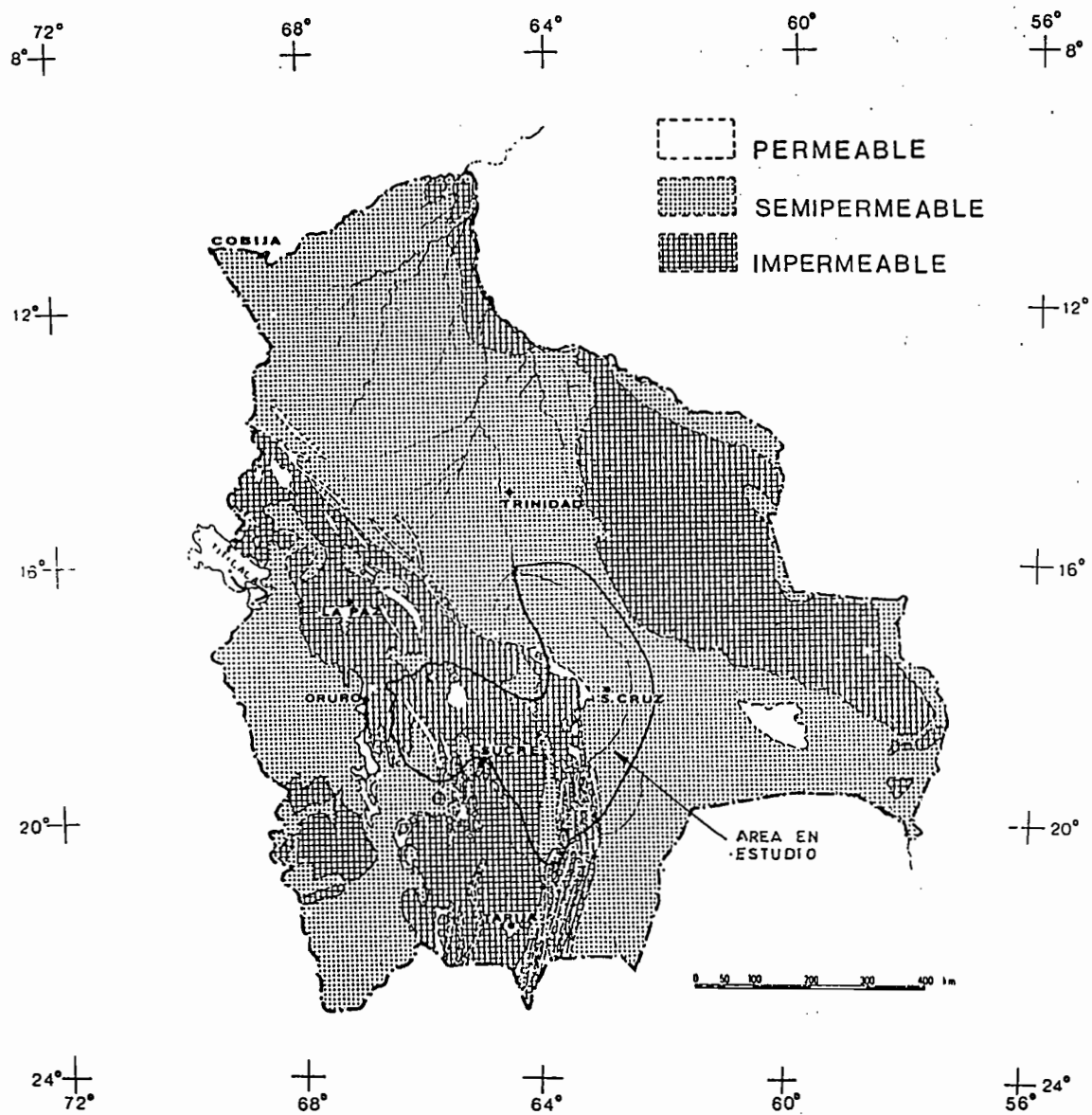


Fig. II-4 CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS

areniscas y cuarcitas), y la zona más baja formada por terrenos semipermeables y permeables que pertenecen al permo carbonífero, cretósico y terciario (sedimentos marinos y dcontinentales de lutitas y tobas, calizas y margas), que podrían dar lugar a escurrimientos subterráneos y a manifestaciones surgenticias.

2.3 Hidrometeorología.

En verano la zona de convergencia intertropical se mueve sobre el continente hacia el sud hasta como los 25° de latitud. Aire caliente, húmedo, inestable, se mueve hacia el sud sobre la cuenca del Amazonas y a medida que se converge y se eleva, resulta en fuerte precipitación de verano. Esto causa la alta precipitación media anual sobre la parte baja de la cuenca del Rio Grande. Contrariamente a lo que podría esperarse, las áreas altas reciben menos precipitación, esto probablemente resulta en parte del hecho de que las masas tropicales de aire pierden la mayoría de la humedad precipitable en el momento que alcanzan altitudes de 2.000 a 2.500 mts. también es posible que la baja precipitación sea también causada por el estable aire "tropical marítimo" que periódicamente sobrepasa las tierras altas de los Andes en Bolivia viniendo desde la costa del pacífico del continente.

En invierno la zona intertropical de convergencia se desplaza a un punto al norte del Ecuador ya no hay fuerte convergencia sobre la cuenca del Rio Grande y la precipitación es mucho menor. Sin

CAPITULO III
MORFOLOGIA DE LA CUENCA

CAPITULO III

MORFOLOGIA DE LA CUENCA

3.1 Generalidades.

Las características físicas de una cuenca juegan un papel esencial en su comportamiento hidrológico y conviene precisarlas (tanto como sea posible numéricamente) desde el comienzo de todo estudio.

A través de valores característico, tales como:

la 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; se pueden deducir las diferencias esenciales y similitudes entre regiones.

Con este objeto, y de acuerdo con la información cartográfica (mapa general de Bolivia en escala 1:1.000.000), se determina las características morfológicas del río grande, desde sus nacientes hasta Palmira (ver mapa hidrográfico de la cuenca del Río Grande).

5.2 Características morfométricas.

3.2.1 Área de drenaje.

Es un área plana en proyección horizontal encerrada por la divisoria topográfica de la cuenca. Esta área ha sido determinada por planimetría en un mapa o carta geográfica a una escala de 1:1.000.000.

Esta superficie comprende un área para la cuenca del Río Grande de 114.800 Km².

3.2.2 Índice de compacidad.

Se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo de igual superficie. Este coeficiente es un número adimensional que varía con la forma de la cuenca circular siendo tanto mayor cuanto más irregular es la cuenca.

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

Siendo: P = Perímetro de la cuenca en Km²

A = Área drenada en Km²

$$I_c = 0.28 \frac{1915}{\sqrt{114.800}} = 1.58$$

3.2.3 Densidad de drenaje.

La relación entre la longitud de los cursos de agua y superficie de la cuenca.

$$D = \frac{\text{longitud cursos de agua}}{\text{Superficie de la cuenca.}}$$

$$D = \frac{10.400}{114.800} = 0.09$$

3.2.4 Coeficiente de Torrencialidad.

$$T = \frac{\text{Número de cursos de Agua de 1º orden}}{\text{Superficie de la cuenca}} = \frac{436}{114.800} = 0.0038$$

3.2.5 Pendiente Media del río.

$$I_r = \frac{H_n - H_m}{1.000 \text{ Ln.}}$$

Siendo: H_n = Cota máxima del curso principal.

H_m = Cota mínima del curso principal.

Longitud del río principal den Km.

$$I_r = \frac{3.500 - 250}{1.000 \times 1.090} = 0.003 = 0.3\%$$

3.2.6 Tiempo de concentración.

Fórmula de U.S. conservation service.

$$t_c = 0.0662 \left(L / \sqrt{I_r} \right)^{0.77}$$

Donde: t_c = Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

L = Longitud máxima del cauce, en Km.

I_r = Pendiente media del cauce.

$$t_c = 0.0662 \left(1.090 / \sqrt{0.003} \right)^{0.77} = 135.2$$

$$t_c = 135.2 \text{ horas} = 5.6 \text{ días.}$$

2.3.7 Datos por subcuencas.

Información cartográfica: mapa hidrográfico de la cuenca del Río Grande en escala 1: 1.000.000

CODIGO	SUB CUENCA	LONGITUD TOTAL RIOS (Km ^m)	AREA SUBCUENCA (Km ²)	NUMERO DE RIOS ORDEN 1
A	CAINE	1.110	11.130	57
B	CHAYANTA	1.400	12.130	58
C	GRANDE ALTO	1.345	10.800	66
D	MIZQUE	1.125	10.130	52
E	GRANDE MEDIO	1.630	19.250	67
F	GRANDE BAJO	3.790	51.360	136
TOTALES		10.400	114.800	436

CAPITULO IV
ESTUDIO DE PARAMETROS CLIMATOLOGICOS

CAPITULO IV

ESTUDIO DE LOS PARAMETROS CLIMATOLOGICOS.

4.1. Precipitación.

4.1.1. La Red Pluviométrica-Los Períodos de Observación.

Las informaciones generales de los parámetros climatológicos provienen del "Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología" con sede en La Paz y también de la Regional de Cochabamba.

El cuadro IV-1 y la fig. II-1 proporcionan respectivamente las duraciones de observación y la ubicación de los Puestos Pluviométricos. El cuadro IV - 1 Titulado "Datos Existentes de Pluviometría", nos da en forma gráfica los datos básicos de la investigación y donde se considera dos tipos de datos empleados: datos Naturales de campo u observados y datos corregidos.

Los datos naturales de campo, son aquellos que se obtienen directamente de las lecturas a través del Pluviómetro y que no fueron sometidos a ningún tratamiento posterior. Están representados por trazo negro continuo en el correspondiente lapso de tiempo en el esquema adjunto.

Los datos corregidos, son los datos artificiales, o sea aquellos

que se obtuvieron después de haber sido sometidos a un tratamiento especial, sea matemático, estadístico, analógico e hidrológico de acuerdo con las circunstancias, tratándose en lo posible de uniformar el procedimiento empleado, están representados por trazos achurados en el lapso de tiempo correspondiente que se presenta en el esquema citado.

El Record de datos Históricos para el estudio es de 15 años, para el período de 1968 - 1982; esto por la disponibilidad de información simultánea en toda la cuenca.

Si bien los períodos medios recomendables para tipificar los fenómenos atmosféricos son del orden de 30 años, se considera que, de acuerdo a la situación de los datos disponibles en la mayor parte de las estaciones, sólo es realmente factible realizar el estudio para un período más corto.

4.1.2. Pluviometrías Anuales.

4.1.2.1. Crítica de los datos anuales

El primer paso que debe realizarse al efectuar la evaluación espacial de la precipitación es verificar que el período de la estadística pluviométrica que se va a utilizar es consistente, o sea, que la estación haya sido observada durante dicho período de la misma forma, con el mismo criterio y que su instalación no

haya sufrido variaciones de ningún tipo.

Para esta verificación el método más simple es el de comparar los valores acumulados anuales de dos partes (método de la simple masa).

Una segunda aproximación es el método de las curvas dobles acumuladas (CDA).

Este método debe ser aplicado en toda región con precipitación homogénea, es decir que tenga un régimen pluviométrico semejante. Básicamente consiste en calcular un patrón de precipitaciones anuales (PPA) como el promedio de las precipitaciones anuales de un conjunto de estadísticas pluviométricas que se consideran son las mejores y más largas de la región. Este PPA se acumula año a año obteniéndose una serie de valores anuales acumulados.

Comparando con este PPA acumulado las precipitaciones anuales acumuladas de una estación X y llevando los pares de valores $(\Sigma PPA, \Sigma PX)$ a un gráfico; los puntos quedarán alineados si la estación X ha sido bien observada, lo que indica que su estadística es consistente. Si se produce un quiebre a partir de un determinado año, la estadística de la estación X no es consistente y debe corregirse a partir del quiebre.

A continuación se presenta la verificación de la consistencia comenzando por la parte alta de la cuenca. Entre éstas tenemos a

las estaciones de Cochabamba, Sacaba, Tarata y Capinota.

El cálculo del PPA1 se realiza con las estaciones de

TABLA IV - 2

E 26: SACABA

E 25: COCHABAMBA

E 23: CAPINOTA

PPA1: PROMEDIO DE LAS ESTACIONES (E26,E25 y E23)

Año	E26	E25	E23	PPA1	Σ E26	Σ E25	Σ E23	Σ PPA1
68	434	592	486	504	434	592	486	504
69	377	414	463	418	811	1006	949	922
70	426	494	341	420	1237	1500	1290	1342
71	399	394	361	385	1636	1894	1651	1727
72	490	488	519	499	2126	2382	2170	2226
73	309	386	375	357	2435	2768	2545	2583
74	457	478	495	477	2892	3246	3040	3060
75	463	455	392	437	3355	3701	3432	3497
76	432	474	414	440	3787	4175	3846	3937
77	411	454	434	433	4198	4629	4280	4370
78	696	627	591	638	4894	5256	4871	5008
79	707	667	550	641	5601	5923	5421	5649
80	357	309	316	327	5958	6232	5737	5976
81	377	500	606	494	6335	6732	6343	6470
82	469	551	358	459	6804	7283	6701	6929

Cochabamba, Sacaba y Capinota (Ver tabla IV - 2), por considerar que son las mejores y más completas de la región. Los gráficos IV - 1, 2 y 3 muestran que las estaciones de Cochabamba, Sacaba y Capinota son consistentes, en cambio el gráfico IV - 4, nos indica que la estación de Tarata, no es rigurosamente consistente con el PPA1.

Ahora analizando las estaciones que se encuentran dentro de la subcuenca del río Mizque, es decir, las estaciones de Totorá, Mizque, Aiquile y Puente Taperas, se puede verificar que existe consistencia en el conjunto, tal como lo demuestran los gráficos IV-5 a IV-10. El PPA2, se tomó con el promedio de las estaciones de Aiquile, Mizque y Totorá, tal como se ve en la tabla IV - 3.

Las estaciones de Sucre y Fuente Arce, se ajustan bien con el PPA2, tal como se ve en los gráficos VI - 11 y 12 los gráficos IV - 13 y 14, muestran también un ajuste bueno de Puente Arce con Puente Taperas y de Sucre con Puente Arce, respectivamente, por lo que puedo decir que tienen consistencia estas estaciones.

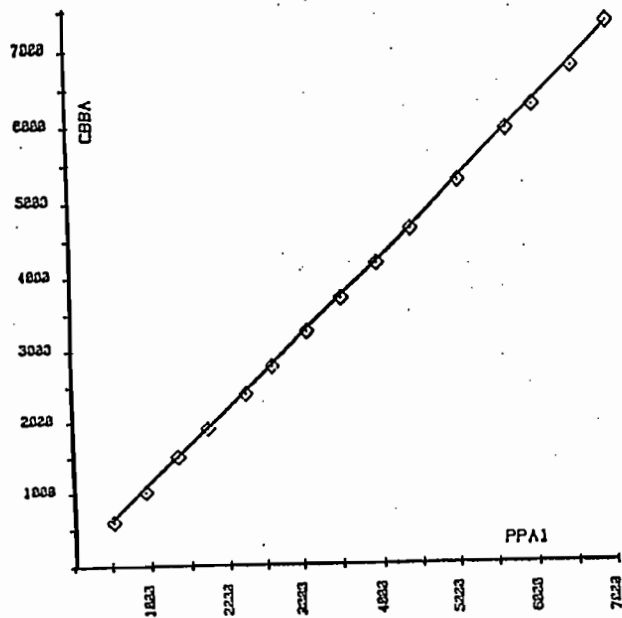
El gráfico VI - 15, muestra un ajuste regular entre las estaciones de Zudañez y Padilla; los gráficos IV - 16 y 17 están comprendidos en un período de sólo 10 años (1973 a 1982), esto por tener Monteagudo datos confiables, sólo desde 1973.

Analizando la parte baja de la cuenca, tomando las estaciones de Puesto Fernández, Colonia San Juan, Gral. Saavedra, Santa Cruz,

CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

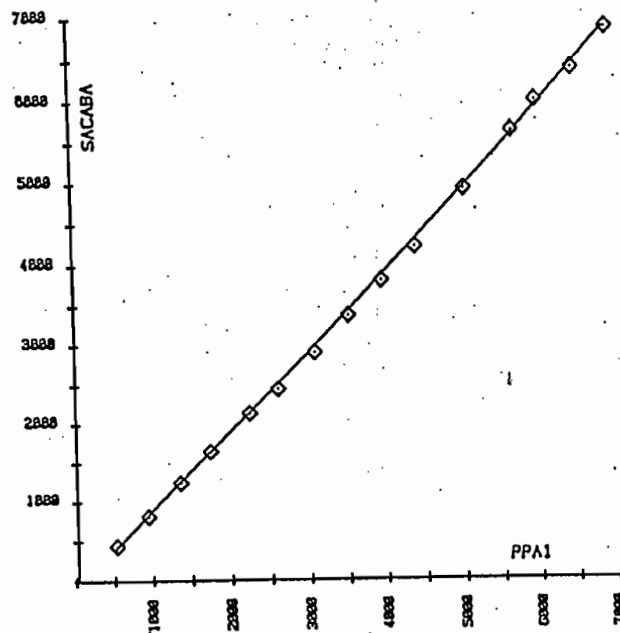
Fig IV-1



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

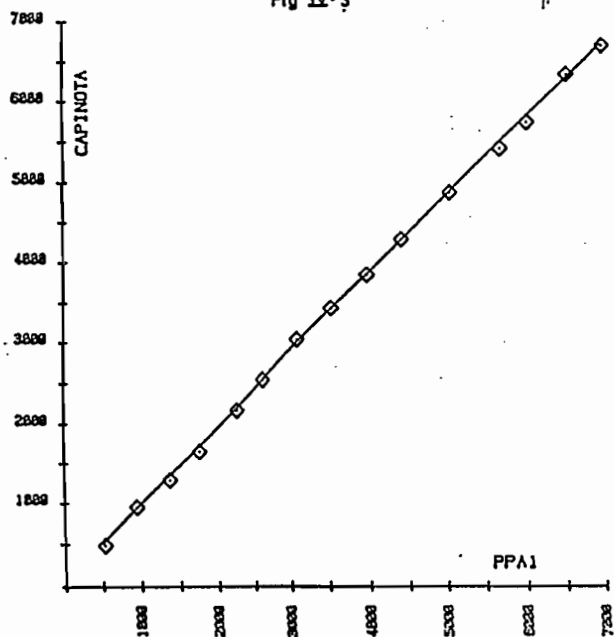
Fig IV-2



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

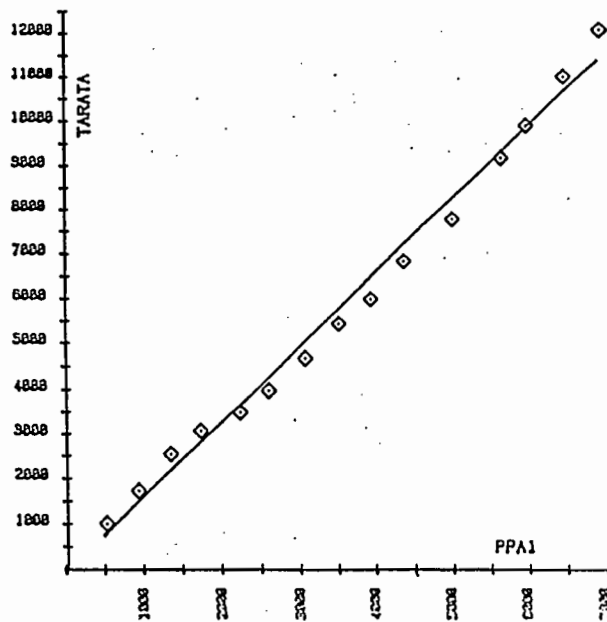
Fig IV-3



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

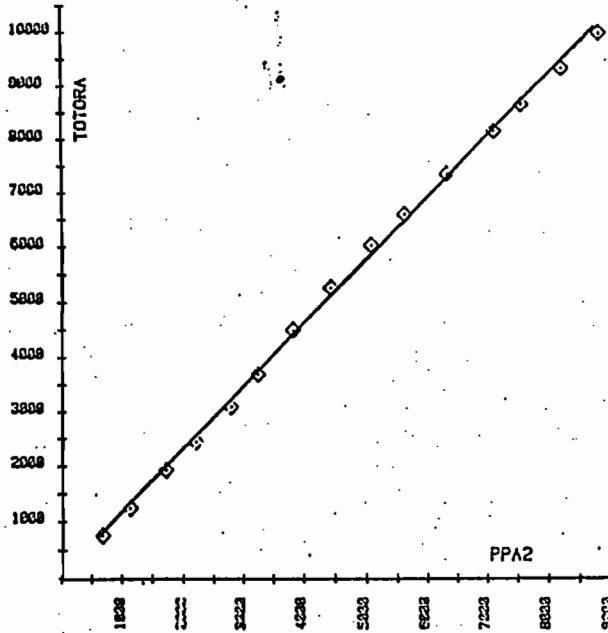
Fig IV-4



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

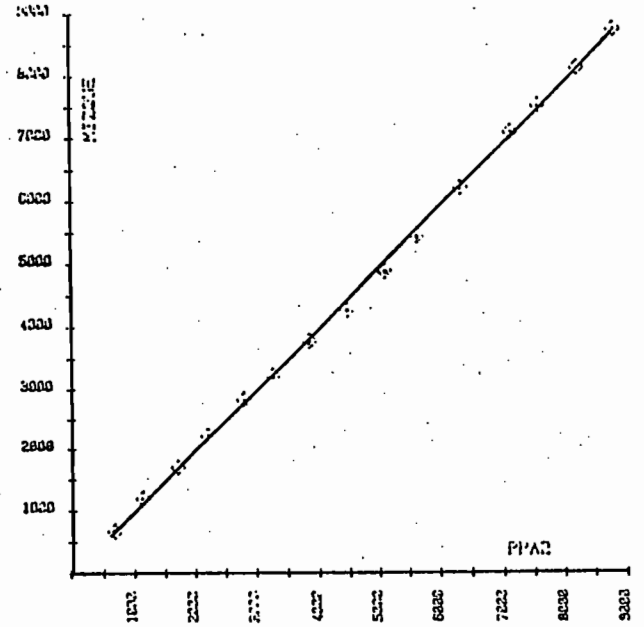
Fig IX-5



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

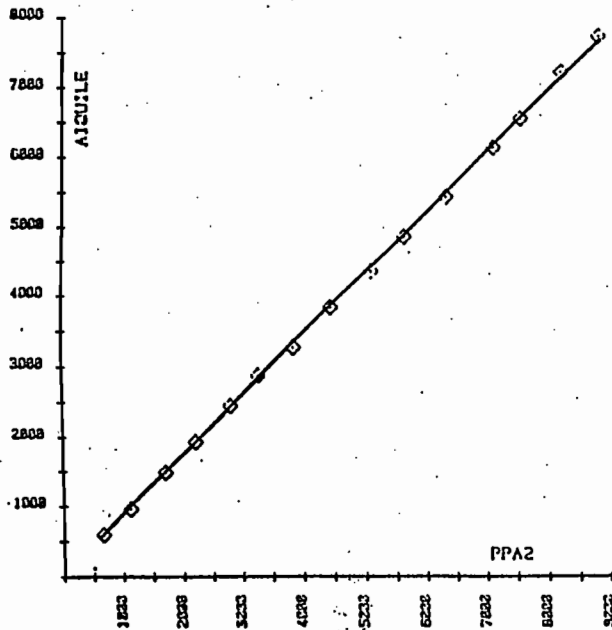
Fig IX-6



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

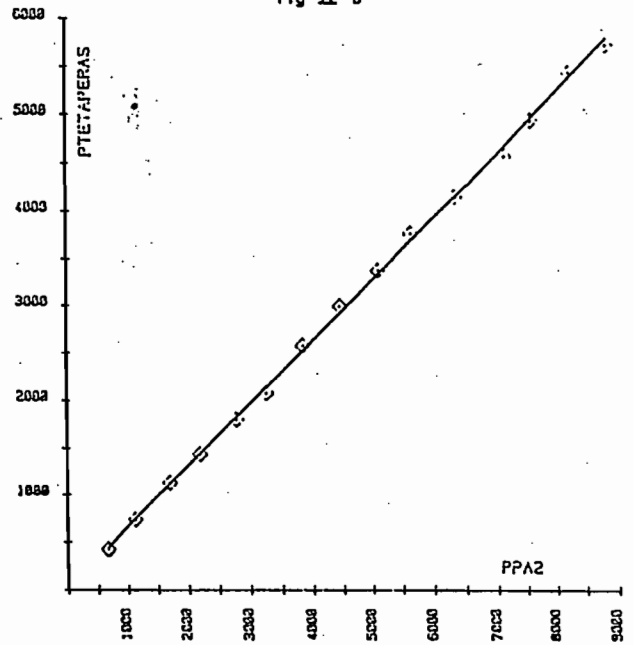
Fig IX-7



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

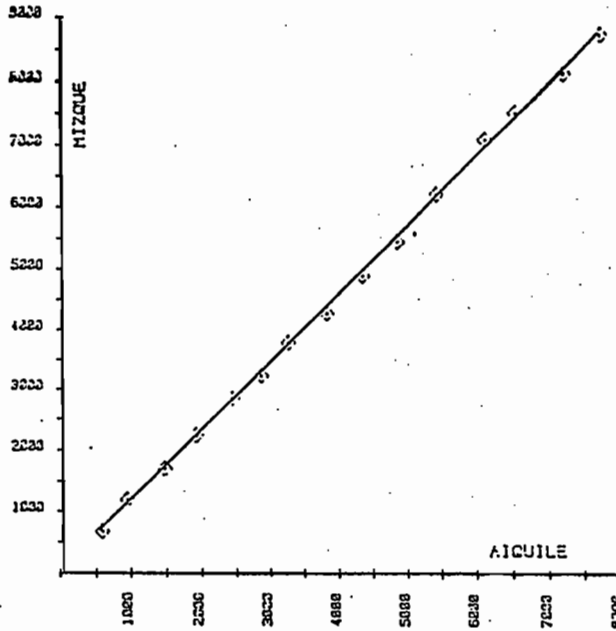
Fig IX-8



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

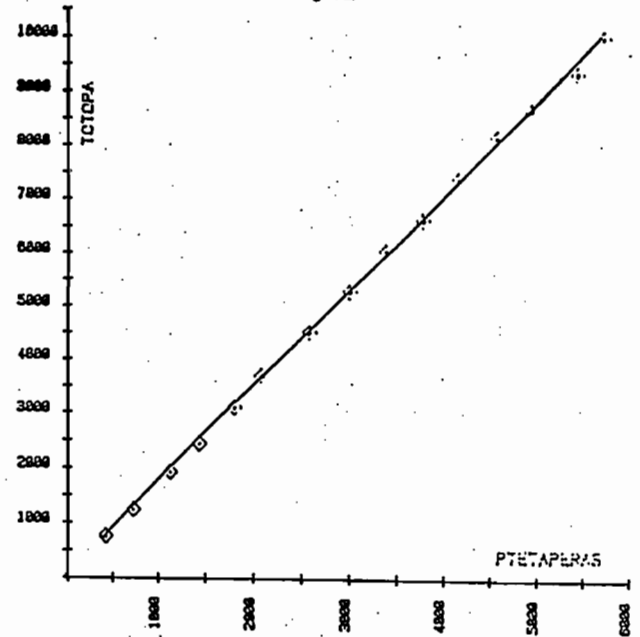
Fig IX-9



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

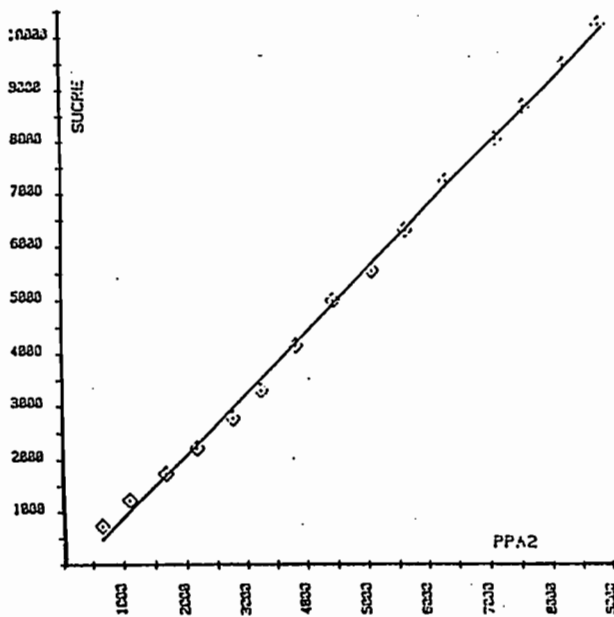
Fig IX-10



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

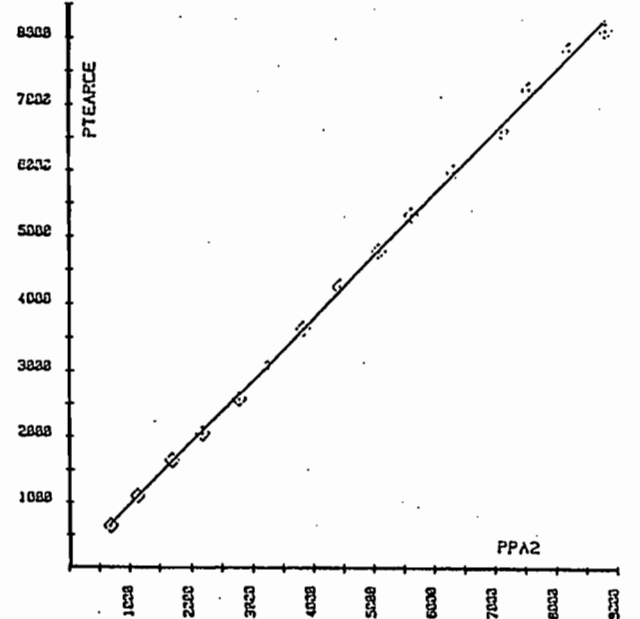
Fig IX-11



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

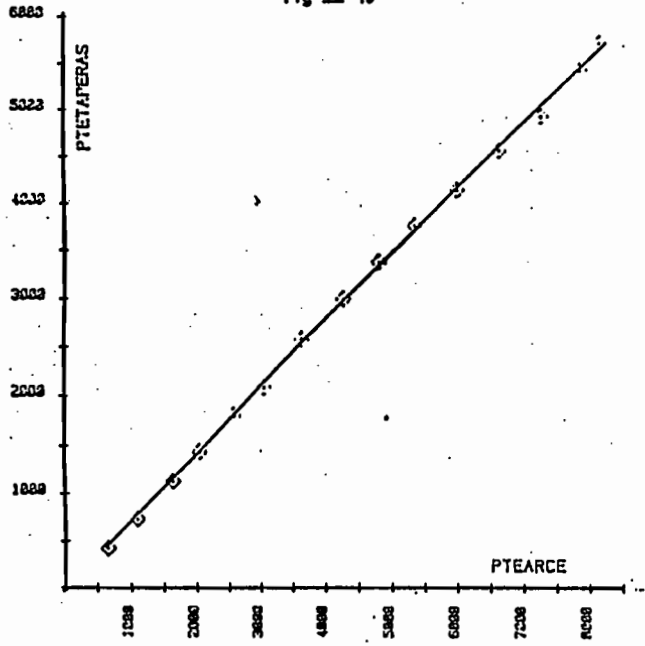
Fig IX-12



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

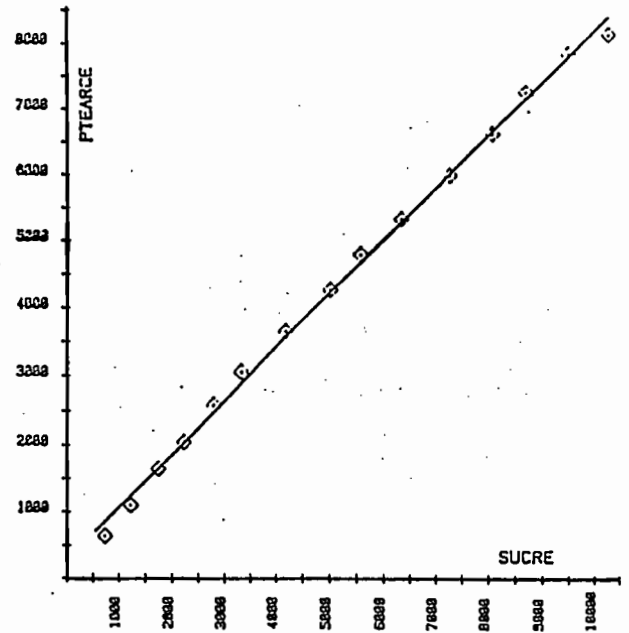
Fig IX-13



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

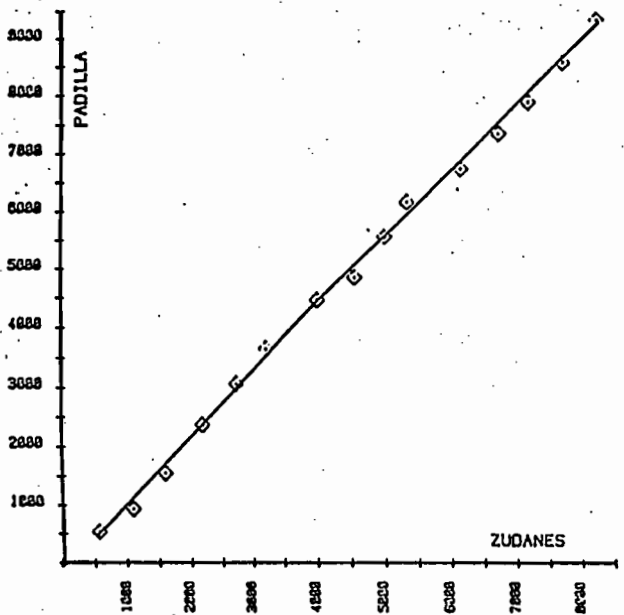
Fig IX-14



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

Fig IX-15



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1973/1982

Fig IX-16

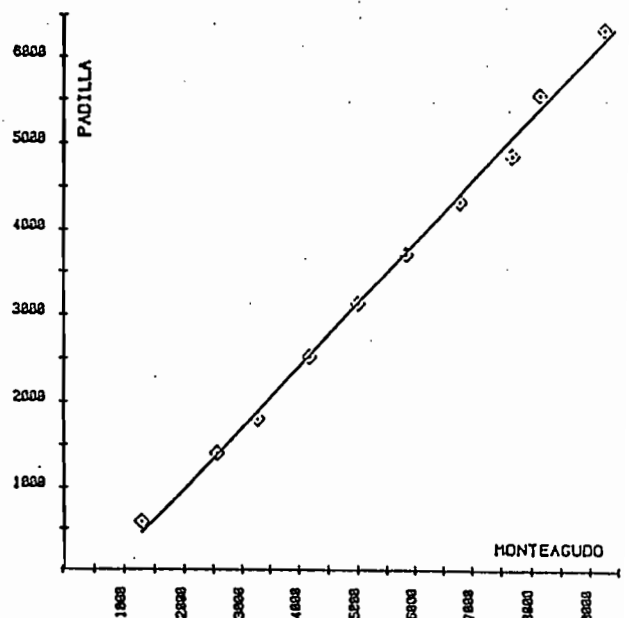


TABLA IV - 3

E 18: AIQUILE

E 19: MIZQUE

E 28: TOTORA

PPA2: FROMEDIO DE LAS ESTACIONES (E18, E19, E28)

Año	E18	E19	E28	PPA2	Σ E18	Σ E19	Σ E28	Σ PPA2
68	594	678	757	673	594	678	757	676
69	367	524	492	461	961	1202	1249	1137
70	527	508	689	575	1488	1710	1938	1712
71	442	531	516	496	1930	2241	2454	2208
72	522	605	657	595	2452	2846	3111	2803
73	431	388	599	473	2883	3234	3710	3276
74	398	556	811	588	3281	3790	4521	3864
75	563	495	761	606	3844	4285	5282	4470
76	521	617	779	639	4365	4902	6061	5109
77	497	566	568	544	4862	5468	6629	5653
78	573	770	762	702	5435	6238	7391	6355
79	699	880	800	793	6134	7118	8191	7148
80	411	433	501	448	6545	7551	8692	7596
81	669	612	691	657	7214	8163	9383	8253
82	526	607	657	596	7740	8770	10039	8849

Mairana, Vallegrande y Abapo, éstas dentro de la cuenca y Ascensión de Guarayos, San Javier y San Julian que están fuera de la

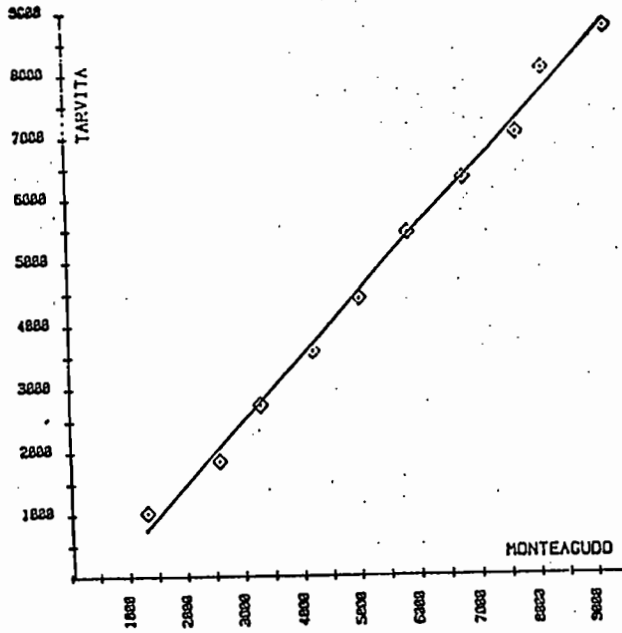
cuenca, pero que servirán para el trazado de las isoyetas, se verifica que en todas las estaciones existe consistencia salvo Mairana, Vallegrande y Abapo que presentan cierta desviación en algunos años, tal como se ve en los gráficos IV - 18 y IV - 19. En cambio los gráficos 20 a 26 muestran la homogeneidad de todas las estaciones. El PPA3, se toma como promedio de las estaciones de San Javier, Col. San Juan, Gral. Saavedra y Santa Cruz. (tabla IV-4).

TABLA IV-4

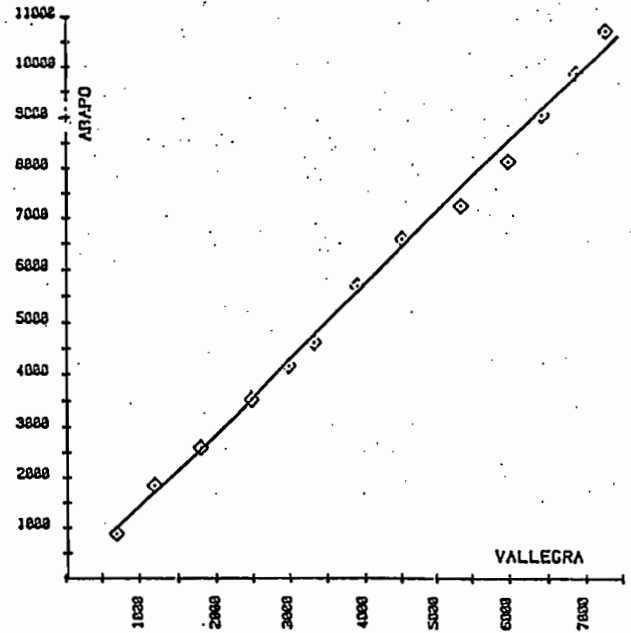
E2 : SAN JAVIER
 E5 : COL. SAN JUAN
 E6 : GRAL. SAAVEDRA
 E7 : SANTA CRUZ
 PPA3 : PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

AÑO	E2	E5	E6	E7	PPA3	Σ E2	Σ E5	Σ E6	Σ E7	Σ PPA3
68	1202	1750	1071	939	1241	1202	1750	1071	939	1241
69	612	2059	920	1108	1175	1814	3809	1991	2047	2416
70	832	1203	624	712	843	2646	5012	2615	2759	3259
71	997	1855	712	848	1103	3643	6867	3327	3607	4362
72	1116	1672	1323	1073	1296	4759	8539	4650	4680	5658
73	1127	1581	1230	850	1197	5886	10120	5880	5530	6855
74	1407	1770	1324	1355	1464	7293	11890	7204	6885	8319
75	1217	1612	1089	1304	1306	8510	13502	8293	8189	9625
76	1412	1563	1214	1151	1335	9922	15065	9507	9340	10960
77	1725	1895	1335	1426	1595	11647	16960	10842	10766	12555
78	1545	2042	1333	1207	1535	13192	19002	12175	11973	14087
79	1414	1543	1388	1156	1375	14606	20545	13563	13129	15462
80	1696	2115	1662	1335	1702	16302	22660	15225	14464	17164
81	1813	3214	2063	2121	2303	18115	25874	17288	16585	19467
82	2384	2928	1987	2038	2334	20499	28802	19275	18623	21801

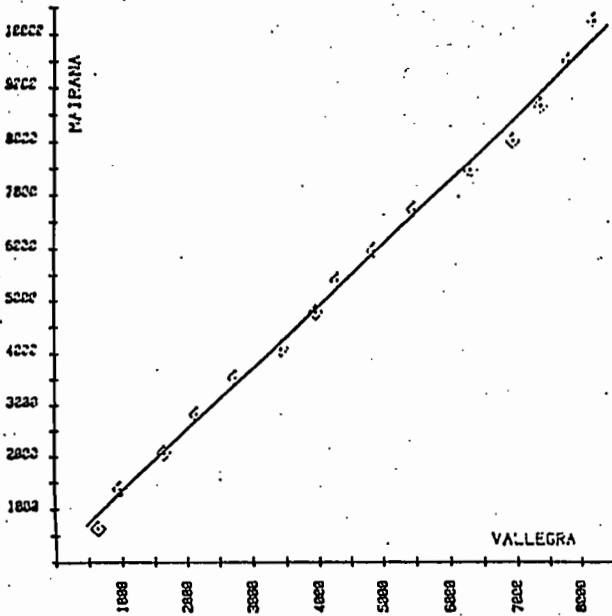
CURVA DOBLE ACUMULADA
 PERIODO : 1973/1982
 Fig IX-17



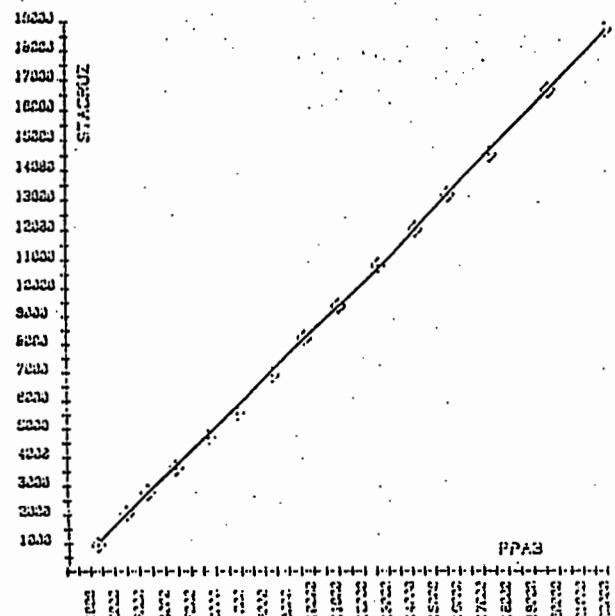
CURVA DOBLE ACUMULADA
 PERIODO : 1968/1982
 Fig IX-18



CURVA DOBLE ACUMULADA
 PERIODO : 1968/1982
 Fig IX-19



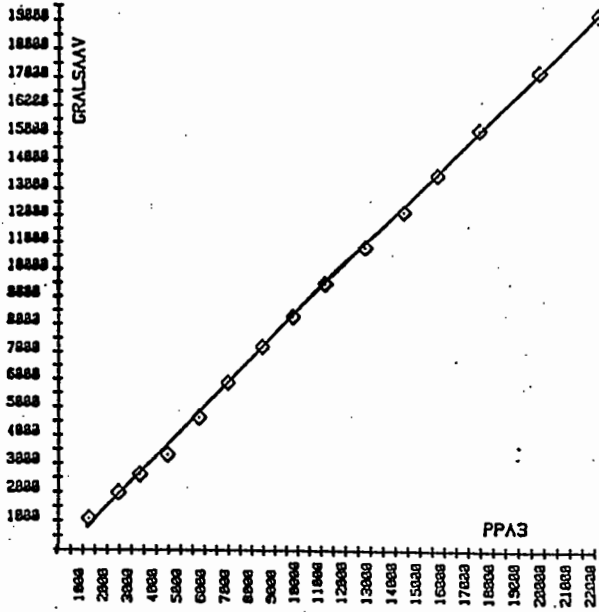
CURVA DOBLE ACUMULADA
 PERIODO : 1968/1982
 Fig IX-20



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

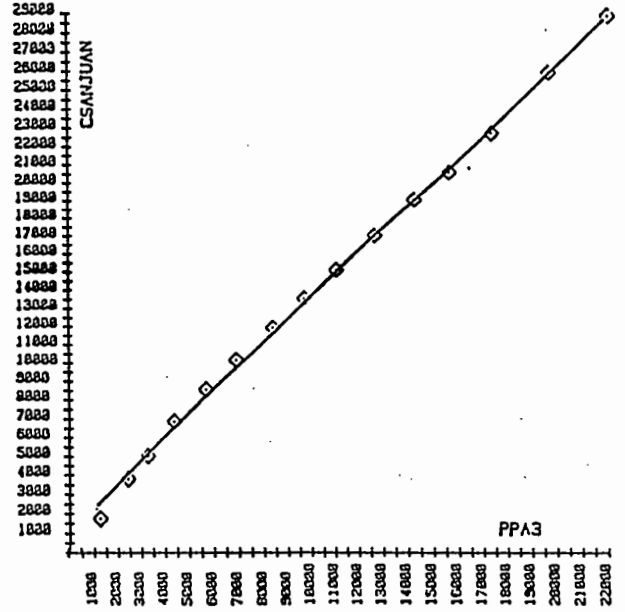
Fig IX-21



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

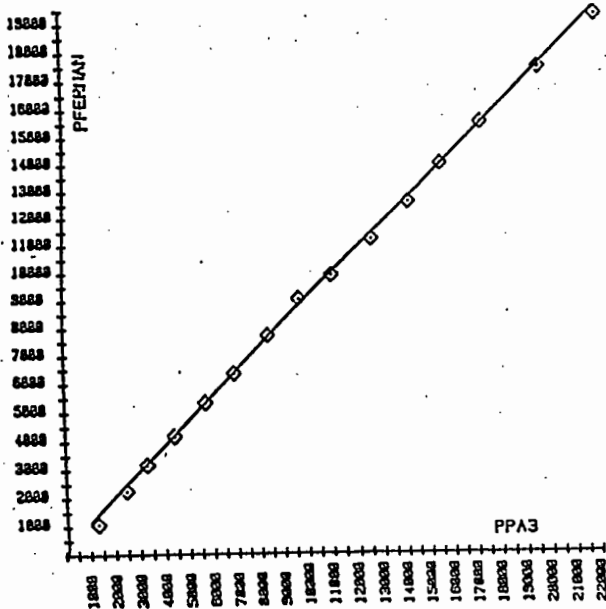
Fig IX-22



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

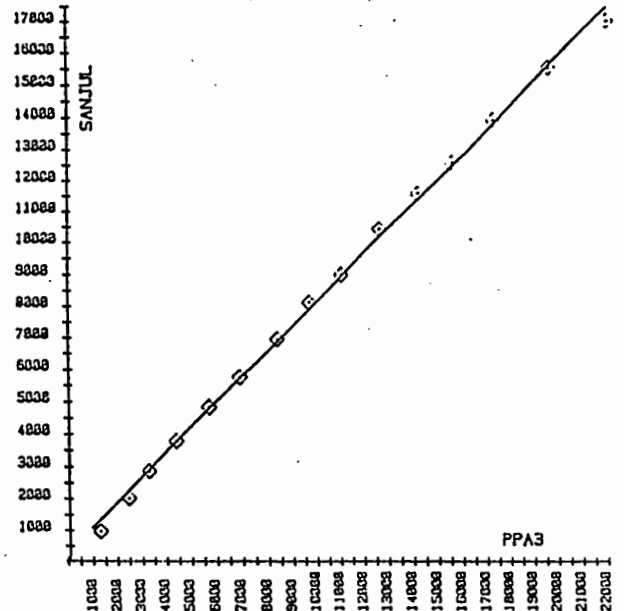
Fig IX-23



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

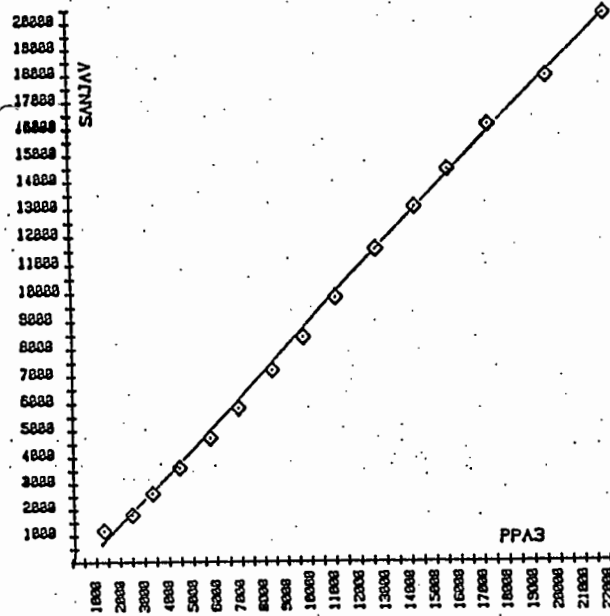
Fig IX-24



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

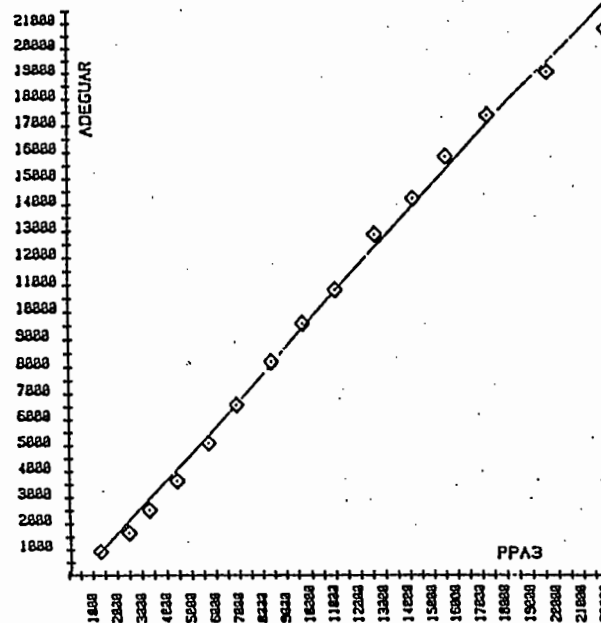
Fig IX-25



CURVA DOBLE ACUMULADA

PERIODO : 1968/1982

Fig IX-26



4.1.2.2 Conclusiones sobre los datos anuales.

En vista de este examen crítico de los datos pluviométricos anuales, se puede definir que la homogeneidad de los datos es por lo general buena.

4.1.2.3 Presentación de resultados.

Con los valores obtenidos, y uniendo los puntos geográficos que tienen similar cantidad de lluvia, se obtienen las isoyetas, las cuales permiten observar gráficamente la distribución de la lluvia en la superficie de la tierra, las isoyetas que se utilizan en el mapa son: las de 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, y 2400 milímetros.

4.1.2.4 Precipitación media anual.

Observando el mapa IV - 27 de Precipitación Anual Media se observa que en la parte de los llanos, es decir en la parte baja de la cuenca, la precipitación está comprendida entre los 1.000 y 2.000 mm.; y por el contrario en la zona montañosa, se registran precipitaciones anuales que están en el rango de los 400 a 800 mm.

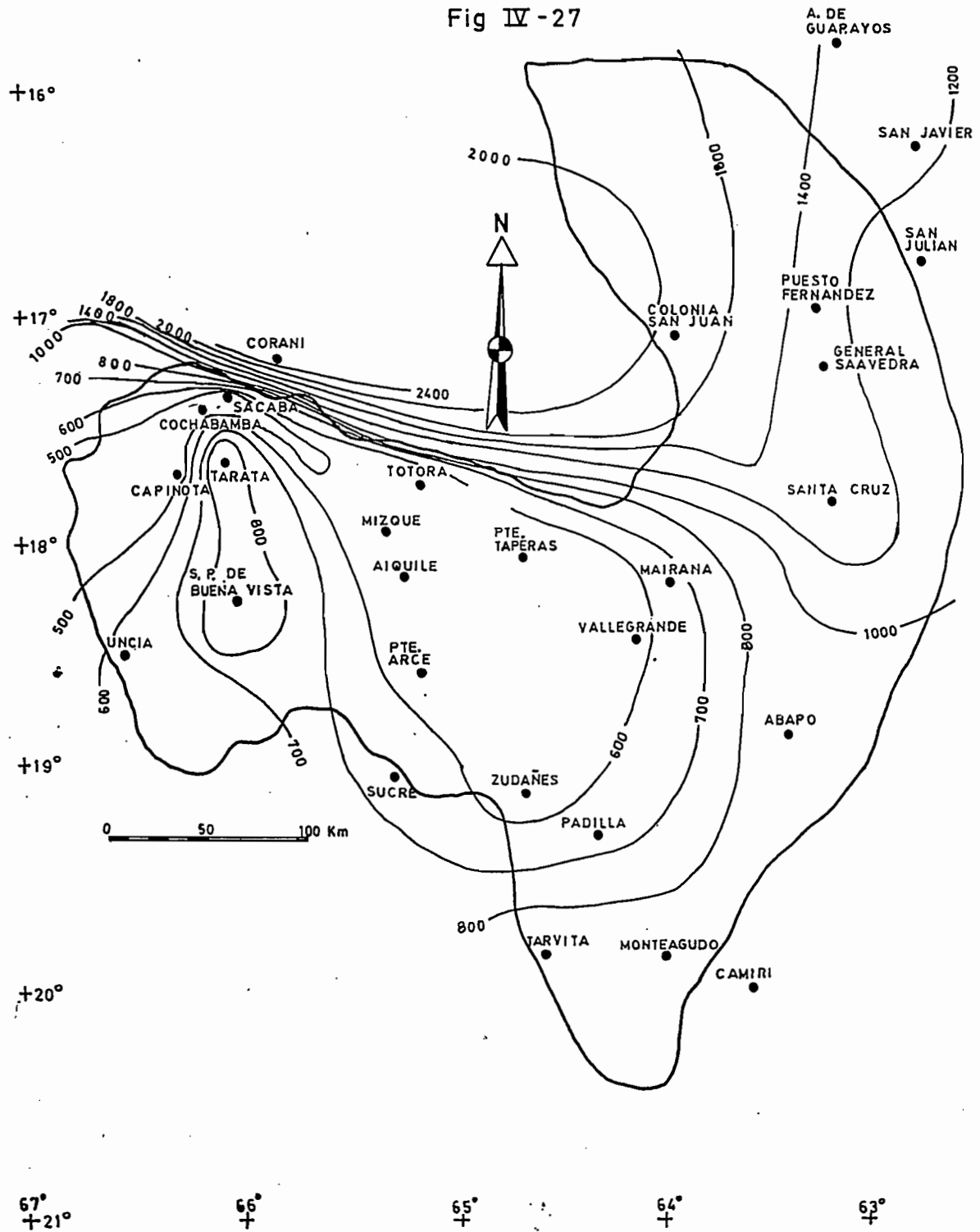
En los incisos siguientes, se estudiará la precipitación media mensual, para el período 1968 - 1982.

TABLA IV - 5
 PRECIPITACION MEDIA ANUAL, EN MILIMETROS, REGISTRADAS DURANTE EL
 PERIODO 1968 - 1982.

Nº de Código en el mapa IV-27	ESTACION	P (mm)
1	A. DE GUARAYOS	1404
2	SAN JAVIER	1367
3	SAN JULIAN	1148
4	PUESTO FERNANDEZ	1271
5	COLONIA SAN JUAN	1920
6	GRAL. SAAVEDRA	1285
7	SANTA CRUZ	1242
8	MAIRANA	688
9	VALLEGRANDE	552
10	ABAPO	820
11	CAMIRI	876
12	MONTEAGUDO	927
13	TARVITA	877
14	PADILLA	629
15	ZUDANES	552
16	SUCRE	686
17	FUENTE ARCE	544
18	AIQUILE	516
19	MIZQUE	585
20	TOTORA	669
21	FUENTE TAPERAS	381
22	SAN PEDRO DE B. VISTA	923
23	UNCIA	633
24	CAPINOTA	447
25	TARATA	811
26	COCHABAMBA	486
27	SACABA	454
28	CORANI	2604

PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm)

Fig IV -27



4.1.3 Pluviometrías mensuales.

En vista de la crítica de los datos pluviométricos, es posible comparar los datos mensuales de los Puestos más representativos dentro la cuenca, así por ejemplo, para la cabecera de la cuenca, se toma los valores mensuales de los puestos de Cochabamba, Sacaba, Capinota y Tarata, los cuales se presentan en la tabla N° IV - 6, y como se ve en dicha tabla la estación húmeda se extiende durante 4 meses, de diciembre a marzo, con cerca de 80% de precipitaciones anuales. La sequedad casi es absoluta de mayo a octubre. Esta estación seca es cortada por algunos períodos lluviosos de 1 a 3 días en Noviembre y Abril.

TABLA IV-6

PLUVIOMETRIA MENSUAL (PARTE ALTA DE LA CUENCA)
PERIODO: 1968-1982 (Valores en mm.)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
COCHABAMBA %	140	99	59	21	3	1	1	6	8	13	45	90	486
%PLUVIO ANUAL	29%	20%	12%	4%	1%	0%	0%	1%	2%	3%	9%	19%	
CAPINOTA %	116	87	48	21	5	0	1	6	8	11	48	96	447
%PLUVIO ANUAL	26%	20%	11%	5%	1%	0%	0%	1%	2%	2%	11%	21%	
SACABA %	125	106	63	19	3	1	5	8	7	13	27	77	454
%PLUVIO ANUAL	28%	23%	14%	4%	1%	0%	1%	2%	2%	3%	6%	17%	
TARATA %	224	183	111	31	7	3	2	7	14	27	69	133	811
%PLUVIO ANUAL	28%	23%	14%	4%	1%	0%	0%	1%	2%	3%	9%	16%	

TABLA IV-7

PLUVIOMETRIA MENSUAL (PARTE MEDIA DE LA CUENCA)
 PERIODO 1968-1982 (Valores en mm.)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D	AÑO
MONTEAGUDO %	163	150	134	81	31	20	15	12	31	57	97	136	927
%PLUVIO ANUAL	18%	16%	14%	9%	3%	2%	2%	1%	3%	6%	10%	15%	
PADILLA %	122	121	84	46	9	3	2	12	31	44	53	102	629
%PLUVIO ANUAL	19%	19%	13%	7%	1%	0%	0%	2%	5%	7%	8%	16%	
CAMIRI %	186	160	121	83	26	14	8	11	27	32	60	148	876
%PLUVIO ANUAL	21%	18%	14%	10%	3%	2%	1%	1%	3%	4%	7%	17%	

La tabla IV-7 nos muestra la precipitación mensual en la parte media de la cuenca, es decir, en los puestos de Padilla, Montea-gudo y Camiri.

Durante los cuatro meses de diciembre a marzo, se produce cerca del 70% de la precipitación, la sequedad es casi absoluta de mayo a septiembre.

Para la parte baja de la cuenca se toman las estaciones de Santa Cruz, Gral. Saavedra, colonia San Juan y Puesto Fernández. El cuadro IV - 8, nos muestra los datos de éstos.

Estos valores nos indican que los meses secos disminuyen al aproximarnos hacia la región de los llanos; los meses más o menos secos serían de junio a septiembre, donde dichos meses no llegan a cubrir ni el 20% de la pluviometría anual, pero también se tienen que tener en cuenta, que los cuatro meses llamados húmedos (Diciembre a Marzo), están sólo a cerca del 50% de la precipita-

ción anual, por lo que se puede concluir, que en esta zona, la estación húmeda y la estación seca, no son tan marcadas, como ocurre en la parte alta de la cuenca.

TABLA IV-B

PLUVIOMETRIA MENSUAL (PARTE BAJA DE LA CUENCA)
PERIODOS: 1968-1982 (Valores en mm.)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
SANTA CRUZ %	163	138	97	99	94	69	34	62	70	103	144	169	1242
PLUVIO ANUAL	13%	11%	8%	8%	8%	6%	3%	5%	6%	8%	12%	14%	
GRAL. SAAVEDRA	202	148	107	81	75	53	24	56	73	118	164	184	1285
% PLUVIO ANUAL	16%	12%	8%	6%	6%	4%	2%	4%	6%	9%	13%	14%	
COL. SAN JUAN	282	247	178	119	147	98	40	89	101	151	163	305	1920
% PLUVIO ANUAL	15%	13%	9%	6%	8%	5%	2%	5%	5%	8%	8%	16%	
P. FERNANDEZ	252	131	90	80	86	57	11	59	78	111	170	146	1271
% PLUVIO ANUAL	20%	10%	7%	6%	7%	4%	1%	5%	6%	9%	13%	11%	

4.1.3.1 Número de días de lluvia por mes.

El análisis de esta parte del capítulo, se hará, de la misma forma como se ha venido haciendo, es decir, con las estaciones más representativas y con mayor número de años de registro, tanto, de la parte alta y media como baja de la cuenca.

TABLA IV-9
 NUMERO DE DIAS DE LLUVIA POR MES
 PARTE ALTA DE LA CUENCA
 PERIODO: 1968-1982

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
COCHABAMBA	16	15	9	4	1	0	0	2	3	4	8	13	75
CAPINOTA	14	12	9	4	1	0	0	3	3	4	7	12	69
SACABA	15	13	9	3	1	0	1	1	1	3	6	11	64
TARATA	13	10	7	2	1	0	0	1	1	3	5	9	52

Durante el año llueve por término medio un día sobre cinco (ver tabla IV-9), en Cochabamba, Sacaba y Capinota. En tarata un día sobre 7. En el curso de los meses de Diciembre, Enero y Febrero llueve una media de 1 día sobre 2, en Cochabamba, Sacaba, y Capinota y un día cada 3 en Tarata. Es interesante hacer notar que el número de días de lluvia por mes es proporcional a la pluviometría del mes y también se puede deducir que las lluvias son por lo general del mismo tipo durante todo el año y con una media del orden de 6.5 mm. por día de lluvia, esto para Cochabamba, Sacaba y Capinota para Tarata no se puede decir lo mismo, ya que todo indica que sus intensidades son mucho mayores. La tabla IV - 10 nos indica el número de días de lluvia por mes para la parte media de la cuenca durante el año llueve por término medio un día sobre 4 en Monteagudo, y 1 sobre 5 en Padilla y un día sobre 6 en

Camiri. La distribución de días de lluvia en el mes, ya es más pareja. De diciembre a Marzo llueve una media de 1 día sobre 3, en Monteagudo y Padilla y de 1 sobre 4 en Camiri, la media por día de lluvia sería del orden de 10, 8 y 13 mm. para Monteagudo, Padilla y Camiri Respectivamente.

TABLA IV-10

NUMERDE DIAS DE LLUVIA POR MES
PARTE MEDIA DE LA CUENCA (Periodo: 68-82)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
MONTEAGUDO	11	11	11	8	7	7	4	3	5	8	10	11	96
PADILLA	12	11	9	6	4	2	2	3	5	6	9	10	79
CAMIRI	9	8	8	6	5	3	3	2	3	3	5	9	64

TABLA IV-11

NUMERO DE DIAS DE LLUVIA POR MES
PARTE BAJA DE LA CUENCA (Periodo: 68-82)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
SANTA CRUZ	12	12	10	7	8	7	5	5	5	7	9	11	98
GRAL. SAAVEDRA	14	12	9	7	8	5	4	5	5	8	9	12	98
COL. SAN JUNA	18	16	14	8	10	9	7	6	7	9	11	14	129
PTO. FERNANDEZ	15	12	12	7	10	6	4	5	7	7	8	11	104

Por último, la tabla IV - 11 nos muestra el número de días de lluvia por mes, para la parte baja de la cuenca.

Durante el año llueve por término medio 1 día cada 4 en Santa Cruz, Gral. Saavedra y Puesto Fernández y 1 cada 3 en colonia San Juan, en los meses de Máxima Precipitación (Diciembre a Marzo), llueve 1 sobre 3 en Santa Cruz, 2 sobre 5 en Gral. Saavedra y Puesto Fernández y 1 día sobre 2 en colonia San Juan.

4.1.3.2 Conclusiones sobre los datos mensuales

En vista del análisis efectuado, se concluye que los meses lluviosos son de Diciembre a Marzo, y por el contrario los meses más secos son de Junio a Septiembre.

Para observar gráficamente la distribución de la lluvia mensual, se trazaron Isoyetas para el mes más húmedo y más seco del año, es decir, Enero y Julio respectivamente. (fig. IV - 28 y 29)

4.1.3.3 Precipitación media mensual en Enero

La figura IV - 28 muestra los altos valores de la lluvia para este mes y es así que en la parte del los llanos, la precipitación está por encima de los 200 mm. e inclusive en la zona montañosa, donde la precipitación anual no es elevada registra valores que están comprendidos entre 100 y 200 mm. Para mayor detalle, ver la figura citada anteriormente.

TABLA IV-12

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL REGISTRADAS EN ENERO Y JULIO
DURANTE EL PERIODO 1968-1982 (Valores en mm.)

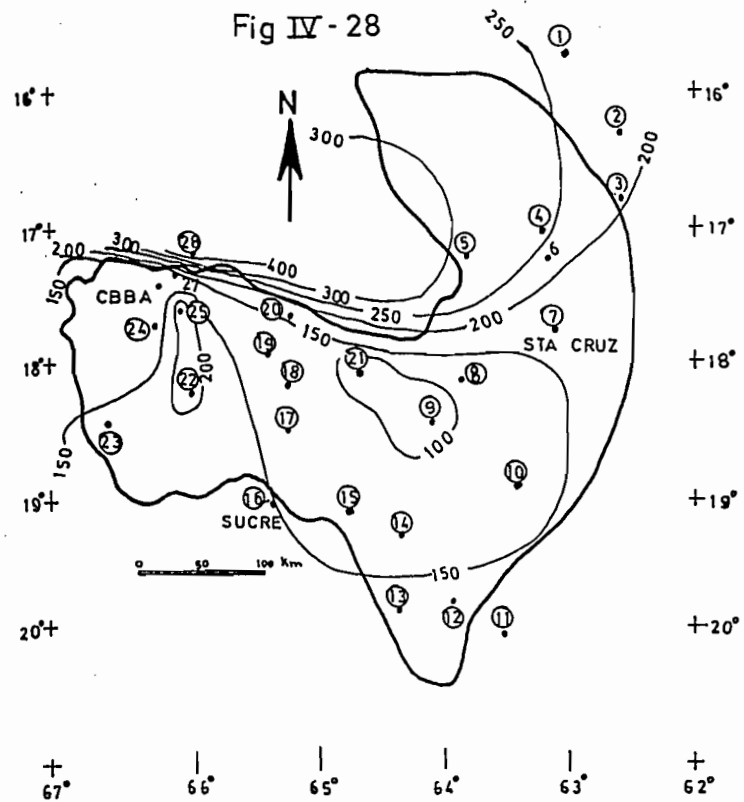
Nº DE CODIGO EN LA FIG. 28 Y 29	ESTACION	P (mm)	P (mm)
		ENERO	JULIO
1	A DE GUARAYOS	218	31
2	SAN JAVIER	214	23
3	SAN JULIAN	200	20
4	PTO. FERNANDEZ	252	11
5	COL. SAN JUAN	282	40
6	GRAL. SAAVEDRA	202	24
7	SANTA CRUZ	163	34
8	MAIRANA	106	13
9	VALLEGRANDE	94	7
10	ABAPO	140	8
11	CAMIRI	186	8
12	MONTEAGUDO	163	15
13	TARVITA	162	6
14	PADILLA	122	2
15	ZUDANEZ	122	3
16	SUCRE	149	5
17	PUENTE ARCE	121	3
18	AIQUILE	117	1
19	MIZQUE	141	3
20	TOTORA	158	3
21	PUENTE TAPERAS	82	2
22	S. P. DE B. V.	214	2
23	UNCIA	172	2
24	CAPINDTA	116	1
25	TARATA	224	2
26	COCHABAMBA	140	1
27	SACABA	125	5
28	CORANI	487	40

4.1.3.4 Precipitación media mensual en Julio

Contrariamente con lo que sucedía en el mes de enero, este mes, registra valores muy bajos de precipitación y es así que, la carta de Isoyetas correspondiente al mes de Julio (fig. IV - 29),

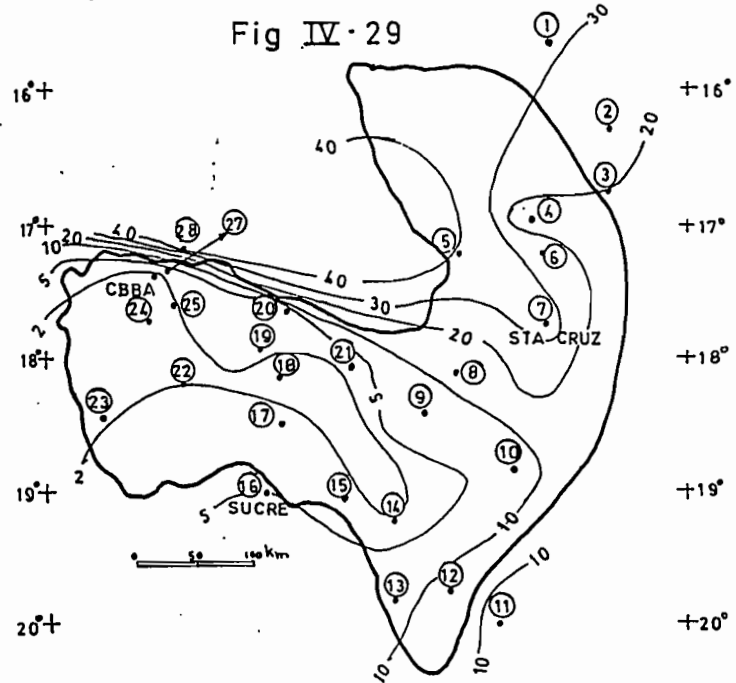
Precipitación Media Mensual En Enero (mm)

Fig IV - 28



Precipitación Media Mensual En Julio (mm)

Fig IV - 29



muestra como la mayor parte de la superficie montañosa tiene una precipitación mensual menor a 5 mm. y en la zona de los llanos, donde usualmente la precipitación es elevada, se registran valores que están comprendidos entre 20 y 40 mm.

4.2 Temperatura.

Mediante la temperatura se expresa numéricamente el efecto que en los cuerpos produce el calor originado por el balance entre la radiación recibida y la emitida. Interesa especialmente, la temperatura del aire en las inmediaciones de la superficie terrestre. El aire se calienta o enfría a partir del suelo por distintos métodos de transmisión y por los cambios de estado físico del Agua atmosférica. En general las mediciones de temperatura, se realizan, bajo un abrigo normalizado a 1.50 m. por encima del suelo. El análisis de la temperatura será hecho según el esquema siguiente.

- Comparación de las temperaturas entre las estaciones más representativas de la cuenca, sobre el período 1968 - 1982.
- Confección de mapas anuales de isotermas medias, máximas y mínimas.
- Confección de Isotermas para los meses más fríos y calientes dentro de la cuenca.

4.2.1 Comparación de la temperatura en las estaciones climatológicas de la cuenca del río grande.

En el estudio se discretiza para la parte alta, parte media y parte baja de la cuenca, para el período 1968 - 1982 por la disponibilidad de información simultánea en toda la cuenca.

- Para la parte alta, se toma la estación de Cochabamba (2548 m.) como base y como puestos de comparación, Sacaba (2600 m.), Tarata (2721 m.) y Capinota (2380 m.)

- Para la parte media se toma Monteagudo (1130 m) como base y Padilla (2102 m) y Camiri (810 m) como puesto de comparación.

- Para la parte baja se toma Santa Cruz (416 m.) como puesto base y como puestos de comparación se toma Gral. Saavedra (320 m.) y colonia San Juan (350 m.)

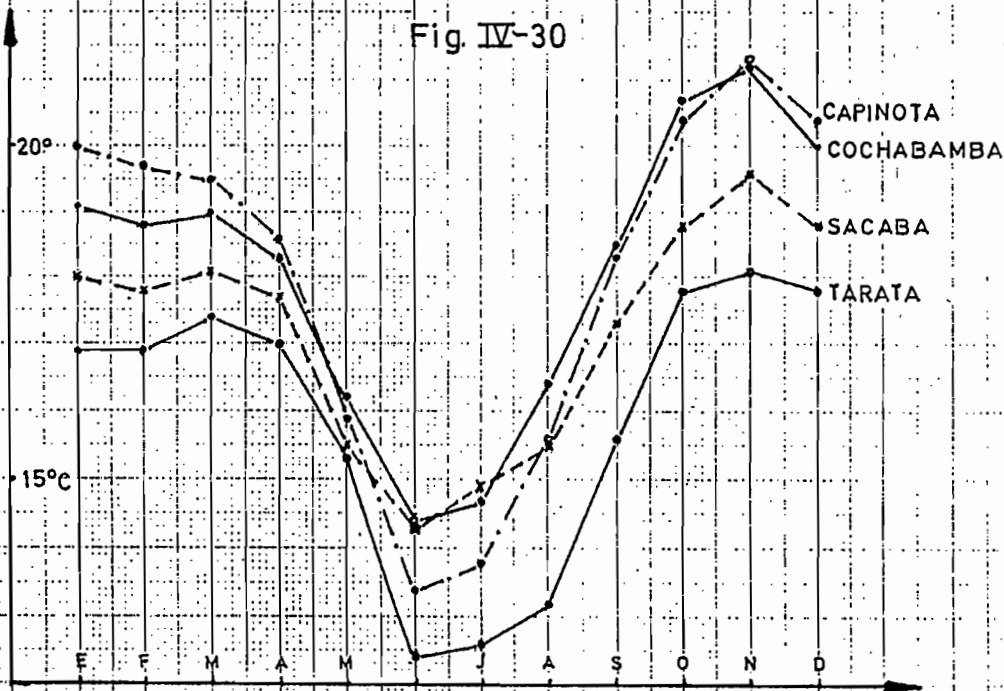
4.2.1.1 Comparación de las temperaturas medias mensuales.

Los datos mensuales se presentan en la tabla IV- 13 e incluidos en las figuras IV-30, 31 y 32. La tabla muestra que la estación de Sacaba, tiene temperaturas inferiores a la de Cochabamba cerca a 1°C, excepto en invierno donde las temperaturas son muy similares en ambos Puestos.

La estación de Tarata en relación a Cochabamba también muestra temperaturas inferiores, en un orden de 2°C la estación de Capi-

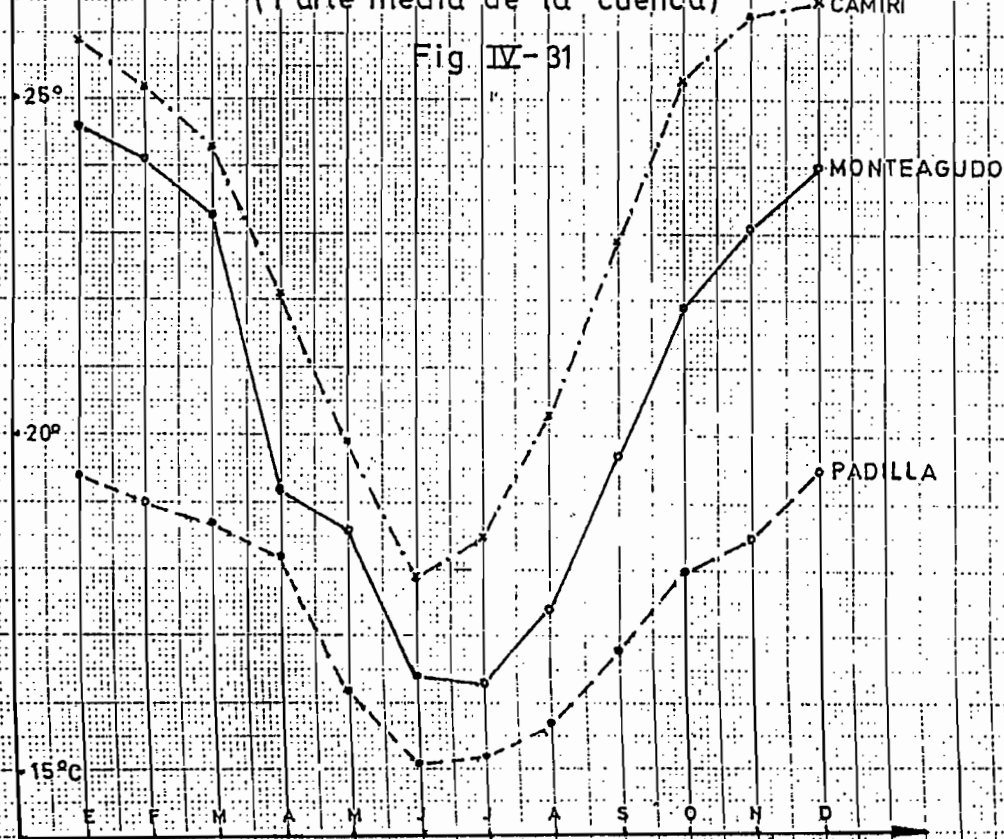
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
(Parte alta de la cuenca)

Fig. IV-30



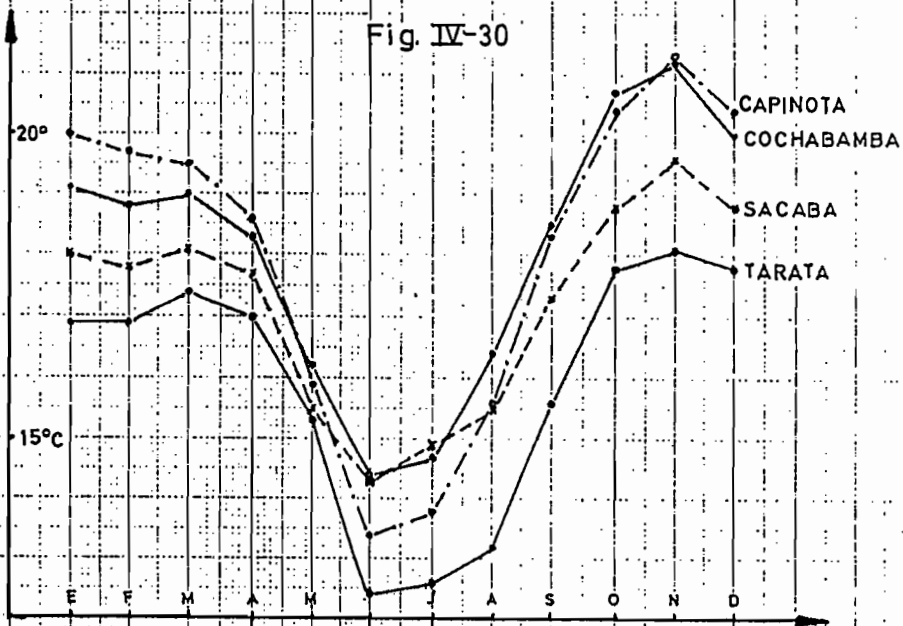
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
(Parte media de la cuenca)

Fig. IV-31



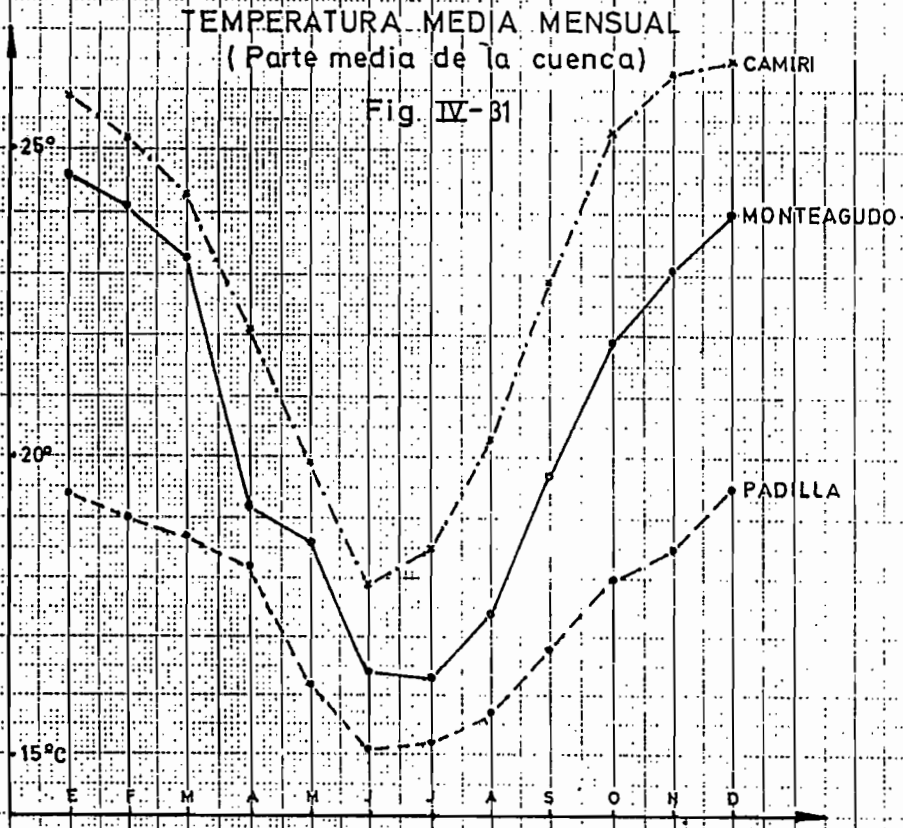
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
(Parte alta de la cuenca)

Fig. IV-30



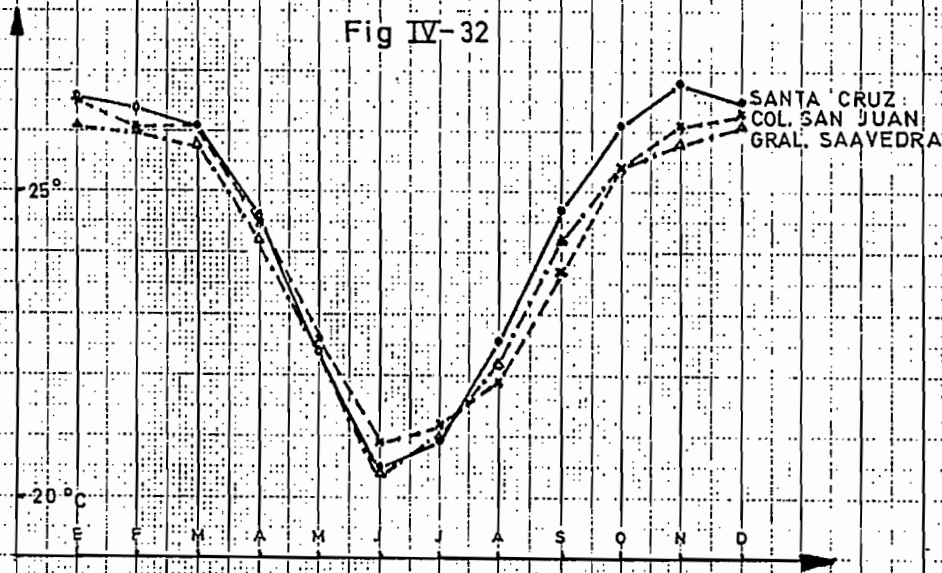
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
(Parte media de la cuenca)

Fig. IV-31



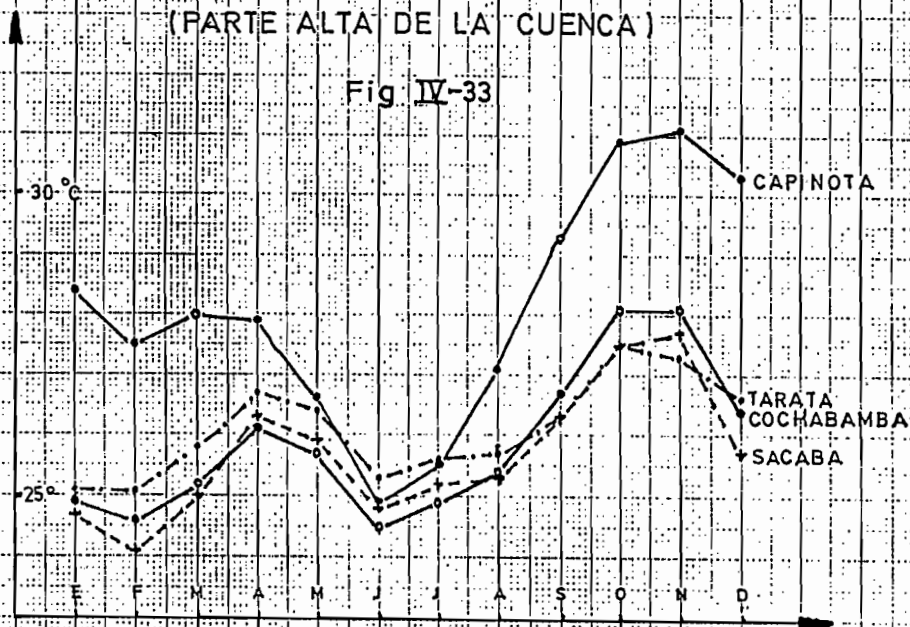
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
(PARTE BAJA DE LA CUENCA)

Fig IV-32



TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL
(PARTE ALTA DE LA CUENCA)

Fig IV-33



nota respecto a Cochabamba muestra temperaturas superiores en Verano y temperaturas inferiores en invierno, aunque estas diferencias son mínimas, menos de 1°C . gráfico IV - 30)

La parte media de la cuenca muestra que Padilla respecto a Monteagudo tiene una fuerte disminución de temperatura (5°C) en Verano, en cambio en invierno la disminución es menor (1.5°C). El puesto de Camiri tiene temperaturas superiores en relación a Monteagudo, la diferencia es casi de cerca a 2°C y es más o menos constante a lo largo del año (ver fig. IV - 31).

Por último, para la parte baja de la cuenca, (fig. IV - 32) la diferencia de temperaturas de puesto en puesto, es mínima ($0,2^{\circ}\text{C}$), ya que la diferencia de altitudes también es mínima.

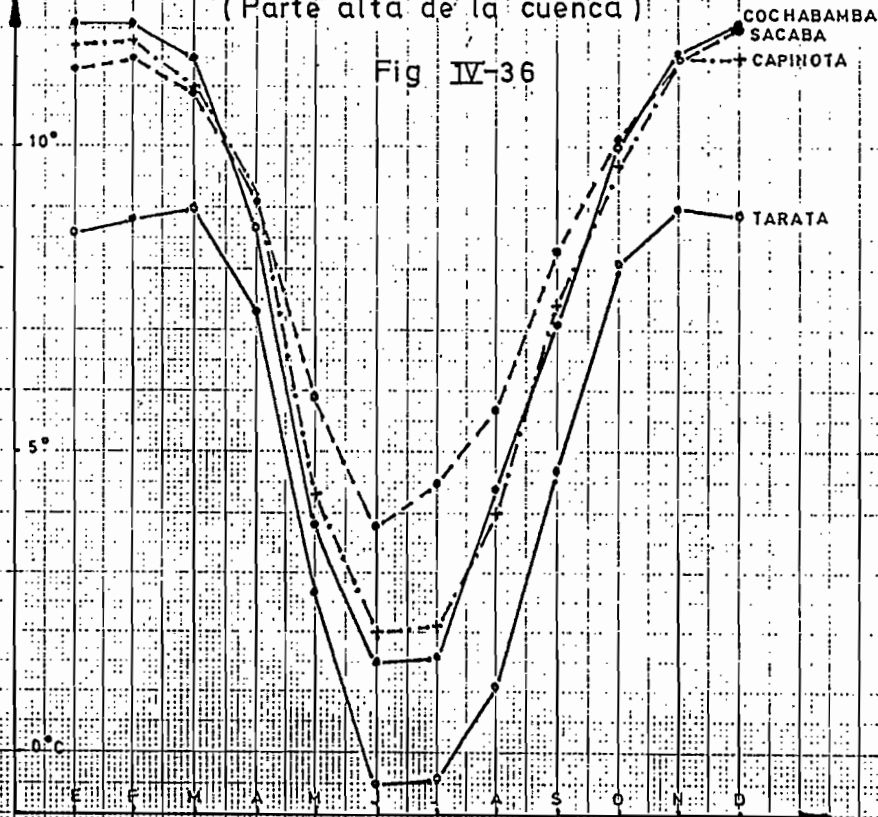
4.2.1.1 Comparación de las temperaturas máximas mensuales.

El análisis es el mismo que para las temperaturas medias. Los datos mensuales presentan en el cuadro IV - 14 y figuras IV - 33 -34 y 35.

Analizando las temperaturas máxima en relación a la estación de Cochabamba, se observa, que Sacaba tienen temperaturas inferiores en verano (cerca a 0.5°C) y superiores en invierno ($0,30^{\circ}\text{C}$), Tarata tiene temperaturas superiores a lo largo del año, excepto los meses de septiembre, octubre y noviembre, donde la temperatura es menor (0.6°C); y el puesto de Capinota tienen tempera

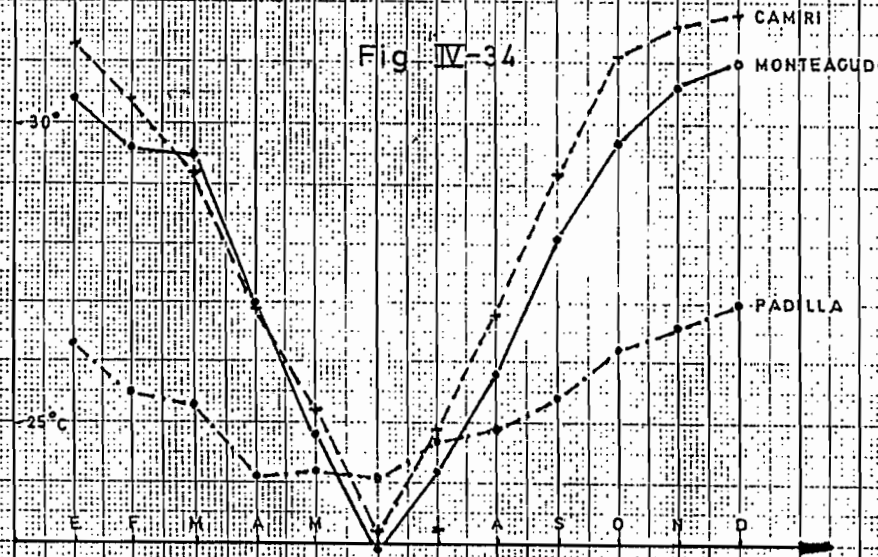
TEMPERATURA MINIMA MENSUAL
(Parte alta de la cuenca)

Fig IV-36



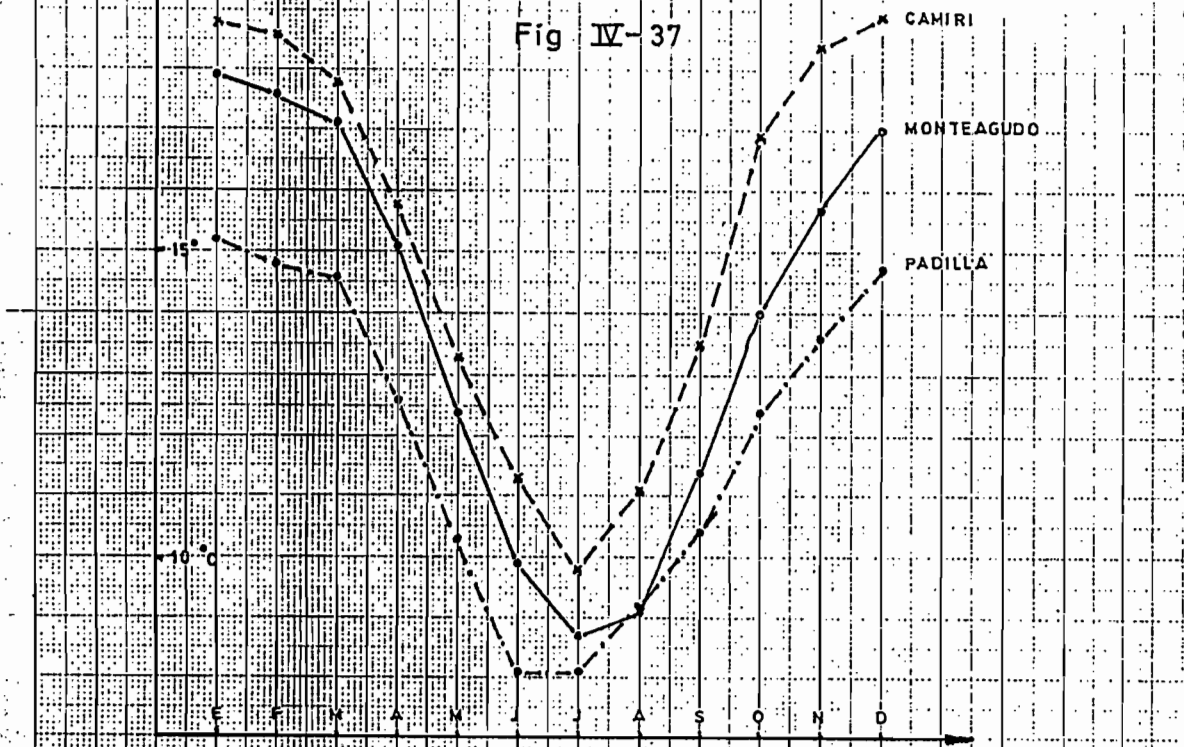
TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL
(Parte media de la cuenca)

Fig IV-34



TEMPERATURA MINIMA MENSUAL
(Parte media de la cuenca)

Fig IV-37



TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL
(Parte baja de la cuenca)

Fig IV-35

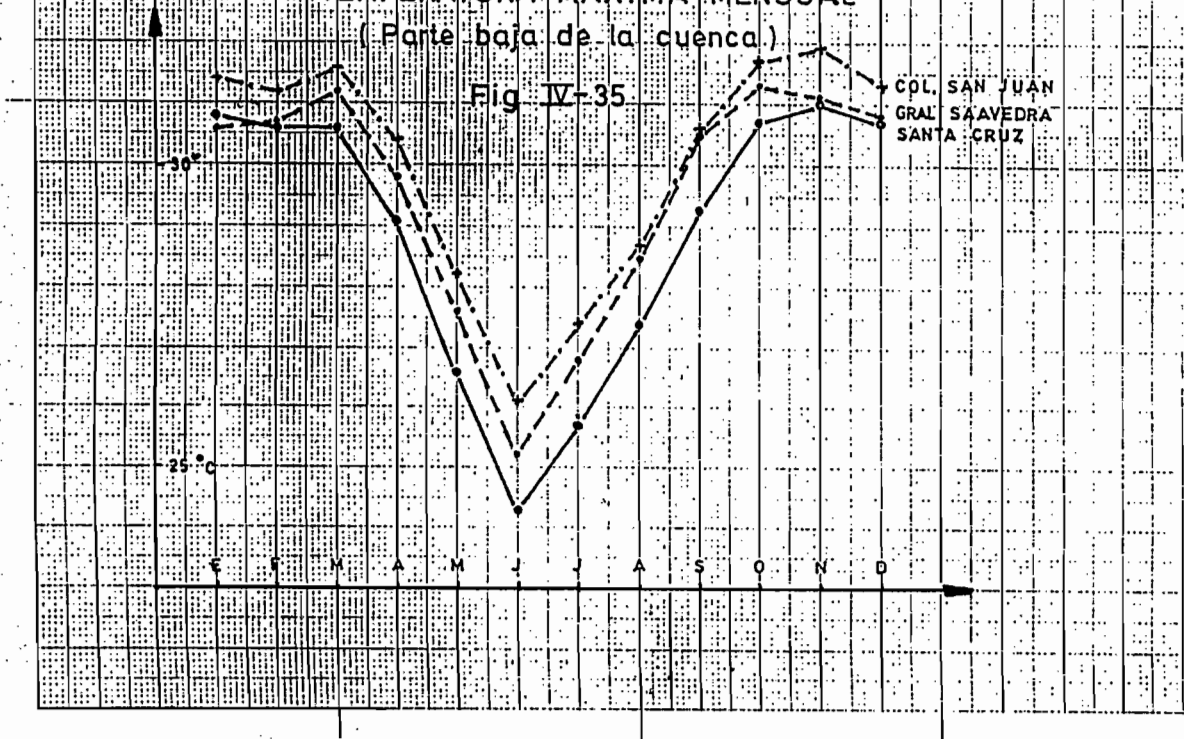


TABLA IV-13
COMPARACION DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES
PERIODO: 1968-1982

(A) PARTE ALTA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
COCHABAMBA	19.1	18.8	19.0	18.3	16.2	14.4	14.7	16.4	18.5	20.7	21.2	20.0	18.1
SACABA	18.0	17.8	18.0	17.7	15.9	14.3	14.9	15.5	17.3	18.8	19.6	18.8	17.2
TARATA	16.9	16.9	17.4	17.0	15.3	12.4	12.6	13.1	15.6	17.8	18.1	17.8	15.9
CAPINDTA	20.0	19.7	19.5	18.5	15.5	13.3	13.8	15.6	18.3	20.4	21.3	20.4	18.0
VARIACION DE LAS TEMPERATURAS CON RELACION A COCHABAMBA													
SACABA	-1.1	-1.0	-1.0	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	-0.9	-1.2	-1.9	-1.6	-1.2	-0.9
TARATA	-2.2	-1.9	-2.6	-1.3	-0.9	-2.0	-2.1	-3.3	-2.9	-2.9	-3.1	-2.2	-2.3
CAPINDTA	0.9	0.9	0.5	0.2	-0.7	-1.1	-0.9	-0.8	-0.2	-0.3	0.1	0.4	-0.1
(B) PARTE MEDIA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
MONTEAGUDO	24.6	24.1	23.3	19.2	18.6	16.4	16.3	17.4	19.7	21.9	23.1	24.0	20.7
PADILLA	19.4	19.0	18.7	18.2	16.2	15.1	15.2	15.7	16.8	18.0	18.5	19.5	17.5
CAMIRI	25.9	25.2	24.3	22.1	19.9	17.9	18.5	20.3	22.9	25.3	26.3	26.5	22.9
VARIACION DE LA TEMPERATURA CON RELACION A MONTEAGUDO.													
PADILLA	-5.2	-5.1	-4.6	-1.0	-2.4	-1.3	-1.1	-1.7	-2.9	-3.9	-4.6	-4.5	-3.2
CAMIRI	1.3	1.1	1.0	2.9	1.3	1.5	2.2	2.9	3.2	3.4	3.2	2.5	+2.2
(C) PARTE BAJA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
SANTA CRUZ	26.6	26.4	26.1	24.6	22.4	20.5	20.9	22.6	24.7	26.1	26.8	26.5	24.5
COL. SAN JUAN	26.5	26.1	26.1	24.5	22.6	20.9	21.2	21.9	23.7	25.4	26.1	26.3	24.3
BRAL SAAVEDRA	26.1	26.0	25.8	24.2	22.4	20.4	21.0	22.2	24.2	25.4	25.8	26.1	24.1
VARIACION DE LA TEMPERATURA CON RELACION A SANTA CRUZ													
COL. SAN JUAN	-0.1	-0.3	0.0	-0.1	0.2	0.4	0.3	-0.7	-1.0	-0.7	-0.7	-0.2	-0.2
BRAL. SAAVEDRA	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	0.0	-0.1	0.1	-0.4	-0.3	-0.7	-1.0	-0.2	-0.4

turas superiores durante todo el año, con una media de 2.2 °C, en la parte media de la cuenca, haciendo el estudio con Monteagudo, se ve que la temperatura máxima en Padilla, toma valores menores hasta de 4°C excepto los meses de Junio y Julio. El puesto de Camiri tiene temperaturas mayores a lo largo del año, con una media de 0,7°C por encima de Monteagudo.

Por último, para la parte baja de la cuenca (fig IV - 35), tomando Santa Cruz, como puesto de comparación, se nota que Colonia San Juan presentan registros de Tmax. un poco superiores (1.0 °C) El puesto del Gral. Saavedra también presentan valores superiores en relación a Santa Cruz (0,6°C).

4.2.1.3 Comparación de temperaturas mínimas mensuales.

Los datos mensuales se presentan en la tabla IV - 15 y en las figuras IV - 36, 37 y 38 comparando la temperatura mínima, en la parte alta de la cuenca, y tomando siempre Cochabamba como puesto de comparación, se tiene para el puesto de Sacaba temperaturas inferiores en verano y superiores en invierno (ver gráfico IV - 36), en Tarata la Tmin. es menor durante todo el año, con una media de 2.4°C y Capinota presenta variaciones leves, un poco menor en verano y mayor en invierno.

La figura IV - 37 muestra las variaciones de temperatura mínima, para la parte media de la cuenca, en ella se ve, que el puesto de Padilla, tiene temperaturas inferiores (2,0°C) a lo largo del año comparado con Monteagudo (excepto en agosto), Camiri registra valores superiores a lo largo del año con una media de 1.5°C en relación a Monteagudo y por último, estudiando la parte baja de la cuenca se llega a las siguientes conclusiones: La temperatura mínima del puesto de colonia San Juan es inferior a la de Santa Cruz a lo largo del año, con una media de 0.8°C.

TEMPERA. MINIMA MENSUAL
(Parte baja de la cuenca)

Fig IV-38

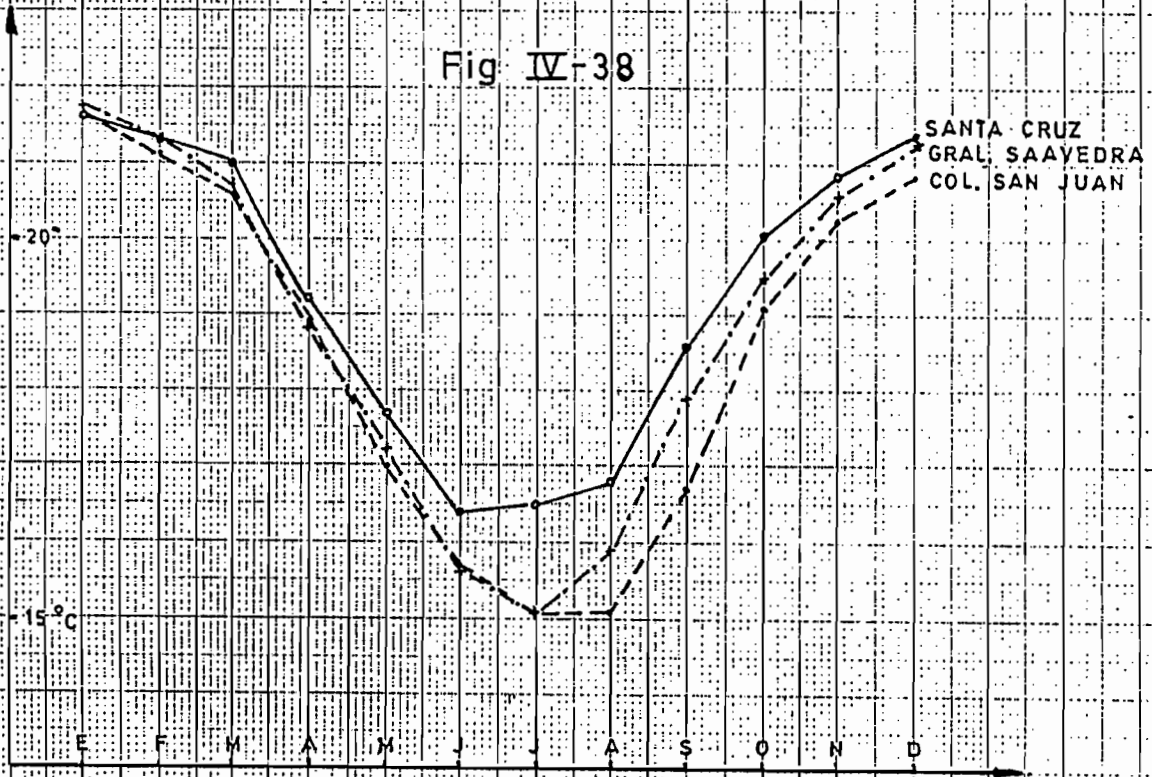


TABLA IV-14

COMPARACION DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS MENSUALES

PERIODO: 1968-1982

(A) PARTE ALTA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
COCHABAMBA	24.9	24.6	25.2	26.1	25.7	24.5	24.9	25.4	26.7	28.1	28.1	26.4	25.9
SACABA	24.7	24.1	25.0	26.3	25.9	24.8	25.2	25.7	26.3	27.5	27.7	25.7	25.7
TARATA	25.1	25.1	25.8	26.7	26.4	25.3	25.6	25.7	26.3	27.5	27.3	26.6	26.1
CAPINOTA	28.4	27.5	28.0	27.9	26.6	24.9	25.5	27.1	29.3	30.9	31.1	29.3	28.0
VARIACION DE LA T.Max CON RELACION A COCHABAMBA													
SACABA	-0.2	-0.5	-0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	-0.1	-0.4	-0.6	-0.4	-0.7	-0.2
TARATA	0.2	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	0.3	-0.4	-0.6	-0.8	0.2	0.2
CAPINOTA	3.5	2.9	2.8	1.8	0.9	0.4	0.6	1.7	2.6	2.8	3.0	2.9	2.2
(B) PARTE MEDIA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
MONTEAGUDO	30.4	29.6	29.5	27.0	24.8	22.9	24.2	25.8	28.1	29.7	30.6	31.0	27.8
PADILLA	26.3	25.5	25.3	24.1	24.2	24.1	24.7	24.8	25.4	26.2	26.6	27.0	25.4
CAMIRI	31.3	30.4	29.2	26.9	25.2	23.2	24.9	26.8	29.2	31.1	31.6	31.8	28.5
VARIACION DE LA T. Max. CON RELACION A MONTEAGUDO.													
PADILLA	-4.1	-4.1	-4.2	-2.9	-0.6	1.2	0.5	-1.0	-2.7	-3.5	-4.0	-4.0	-2.4
CAMIRI	0.9	0.8	-0.3	-0.1	0.4	0.3	0.7	1.0	1.1	1.4	1.0	0.8	0.7
(C) PARTE BAJA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
SANTA CRUZ	30.8	30.6	30.6	29.1	26.6	24.3	25.7	27.4	29.3	30.7	31.0	30.7	28.9
CDL. SAN JUAN	31.4	31.2	31.6	30.4	28.2	26.1	27.4	28.7	30.6	31.7	31.9	31.3	30.0
GRAL SAAVEDRA	30.6	30.7	31.2	29.8	27.6	25.2	26.8	28.5	30.5	31.3	31.1	30.8	29.5
VARIACION DE LA T.Max. CON RELACION A SANTA CRUZ													
CDL. SAN JUAN	0.6	0.6	1.0	1.3	1.6	1.8	1.7	0.7	1.3	1.0	0.9	0.6	1.1
GRAL. SAAVEDRA	-0.2	0.1	0.6	0.7	1.0	0.9	1.1	1.1	1.2	0.6	0.1	1.1	0.6

El puesto de Gral. Saavedra también presenta registros, inferiores a los de Santa Cruz, excepto en el mes de enero, donde marca 0.1°C por encima de éste (ver fig. IV - 38)

TABLA IV-15

COMPARACION DE LAS TEMPERATURAS MINIMAS MENSUALES

PERIODO: 1968-1982

(A) PARTE ALTA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
COCHABAMBA	12.1	12.1	11.5	8.7	3.8	1.5	1.6	4.4	7.1	10.0	11.6	12.1	8.0
SACABA	11.3	11.5	10.9	9.1	5.9	3.8	4.5	5.7	8.3	10.1	11.5	12.0	8.7
TARATA	8.6	8.8	9.0	7.3	2.7	-0.5	-0.4	1.1	4.7	8.1	9.0	8.9	5.6
CAPINOTA	11.7	11.8	11.0	9.1	4.3	2.0	2.1	4.0	7.4	9.7	11.5	11.5	8.0
VARIACION DE LA S T. Min. CON RELACION A COCHABAMBA													
SACABA	-0.8	-0.6	-0.6	0.4	2.1	2.3	2.9	1.3	0.8	0.1	-0.1	-0.1	0.6
TARATA	-3.5	-3.3	-2.5	-1.4	-1.1	-2.0	-2.0	-3.3	-2.4	-1.9	-2.6	-3.2	-2.4
CAPINOTA	-0.4	-0.3	-0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	-0.4	0.3	-0.3	-0.1	-0.6	0.0
(B) PARTE MEDIA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
MONTEAGUDO	17.9	17.6	17.1	15.1	12.4	9.9	8.7	9.1	11.4	14.0	15.7	17.0	13.8
PADILLA	15.2	14.8	14.6	12.6	10.3	8.1	8.1	9.2	10.4	12.4	13.6	14.7	12.0
CAMIRI	18.8	18.6	17.8	15.8	13.3	11.3	9.8	11.1	13.5	16.9	18.4	18.9	15.4
VARIACION DE LA T. Min. CON RELACION A MONTEAGUDO.													
PADILLA	-2.7	-2.8	-2.5	-2.5	-2.1	-1.8	-0.6	0.1	-1.0	-1.6	-2.1	-2.3	-1.8
CAMIRI	0.9	1.0	0.7	0.7	0.9	1.4	1.1	2.0	2.1	2.9	2.7	1.9	1.5
(C) PARTE BAJA DE LA CUENCA													
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
SANTA CRUZ	21.6	21.3	21.0	19.2	17.7	16.4	16.5	16.8	18.6	20.1	20.9	21.4	19.3
COL. SAN JUAN	21.6	21.1	20.6	18.9	17.0	15.7	15.1	15.1	16.7	19.1	20.3	20.9	18.5
GRAL SAAVEDRA	21.7	21.3	20.7	18.8	17.2	15.6	15.1	15.9	17.9	19.5	20.6	21.3	18.8
VARIACION DE LA T. Min. CON RELACION A SANTA CRUZ													
COL. SAN JUAN	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.7	-0.7	-1.4	-1.7	-1.9	-1.0	-0.6	-0.5	-0.8
GRAL. SAAVEDRA	0.1	0.0	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.4	-0.9	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	-0.5

4.2.2 Presentación de resultados.

Con los valores obtenidos se confeccionan mapas de Isotermas características.

Para seleccionar los intervalos en las isolíneas se toma en cuenta que las temperaturas pueden variar entre 0.°C (invierno) y

valores que superan los 30°C (verano), en consecuencia se dibujarán las Isotermas cada 2°C.

Como generalmente en las zonas altas se carece de estadísticas de temperatura, es necesario estimarlas, y para ello, se puede dibujar un perfil térmico para estas zonas altas (figura IV - 39) que nos permite calcular el gradiente térmico vertical (GT) en °C/100 m.

4.2.2.1 Temperatura media anual

A lo largo del año la temperatura varía, siendo diferente su oscilación en el curso del día y del año según su latitud y altitud.

Siguiendo los puntos que tienen una misma temperatura durante el periodo considerado se construye las Isotermas que son índices muy importantes para el estudio de la distribución de la temperatura en forma areal.

La carta de Isotermas anuales muestra la temperatura media anual, apoyada en las temperaturas medias diarias que se obtienen promediando el valor mínimo y máximo diario, a su vez esos resultados se promedian mensualmente y por último las temperaturas medias mensuales se promedian para llegar a los valores que sirven de base para trazar las isotermas medias anuales (figura IV - 40).

PERFIL TERMICO

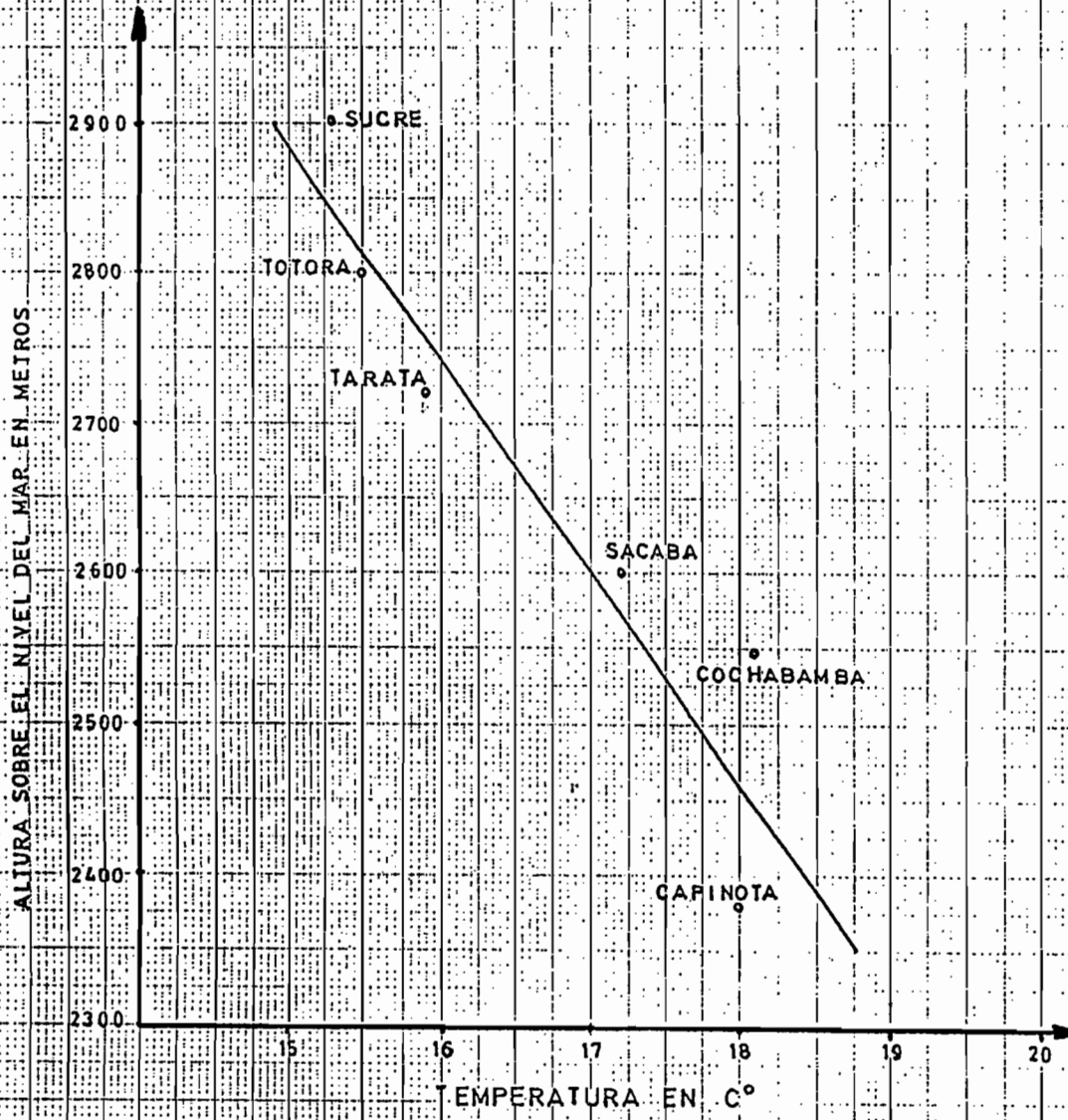


Fig. IV-39

Por los fuertes contrastes que se presentan en varias zonas de la cuenca, resultado principalmente de la orografía y de los movimientos de masa de aire que recorren la cuenca, las Isotermas medias anuales no son índice riguroso del régimen térmico de un área determinada, por lo que siempre deberá consultarse en lo posible, las cartas de las Isotermas mensuales ó cuando menos la de los meses más característicos del fenómeno, así como los valores máximos y mínimos observados, los cuales se mostrarán más adelante.

Las cartas de Isotermas anuales (figura IV - 40) muestra que las temperaturas máximas se encuentra en la parte baja de la cuenca, con temperaturas superiores a los 22°C, por el contrario, en las zona con altitudes por encima a los 3.000 m.s.m., se observan temperaturas inferiores a los 10°C.

En la parte media de la cuenca, las temperaturas van de 16 a 20°C.

4.2.2.2 Temperatura máxima promedio anual.

El examen de la figura IV - 41 muestra que los menores valores de la temperatura máxima promedio están en la zona con altitudes superiores a los 3.000 m.s.m. en la parte baja de la cuenca, a altitudes menores a las 800 m. la máxima temperatura observada es de 30 °C En la zona central, los valores no son muy elevados

TABLA IV-16

TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES
 PERIODO: 1968-1982 (Valores en °C)

Nº DE CODIGO	ESTACION	T(°C)
1	ASUNCION DE GUARAYOS	22.7
2	SAN JAVIER	23.5
3	SAN JULIAN	24.3
5	COL. SAN JUAN	24.3
6	GRAL. SAAVEDRA	24.1
7	SANTA CRUZ	24.5
8	MAIRANA	20.6
9	VALLEGRANDE	16.9
11	CAMIRI	22.9
12	MONTEAGUDO	20.7
13	TARVITA	20.6
14	PADILLA	17.5
16	SUCRE	15.3
17	PUENTE ARCE	24.4
18	AIQUILE	18.7
19	MIZQUE	16.8
20	TOTORA	15.5
22	S. P. DE B. V.	18.9
23	UNCIA	9.7
24	CAPINOTA	18.0
25	TARATA	15.9
26	COCHABAMBA	18.1
27	SACABA	17.2
28	CORANI	9.5

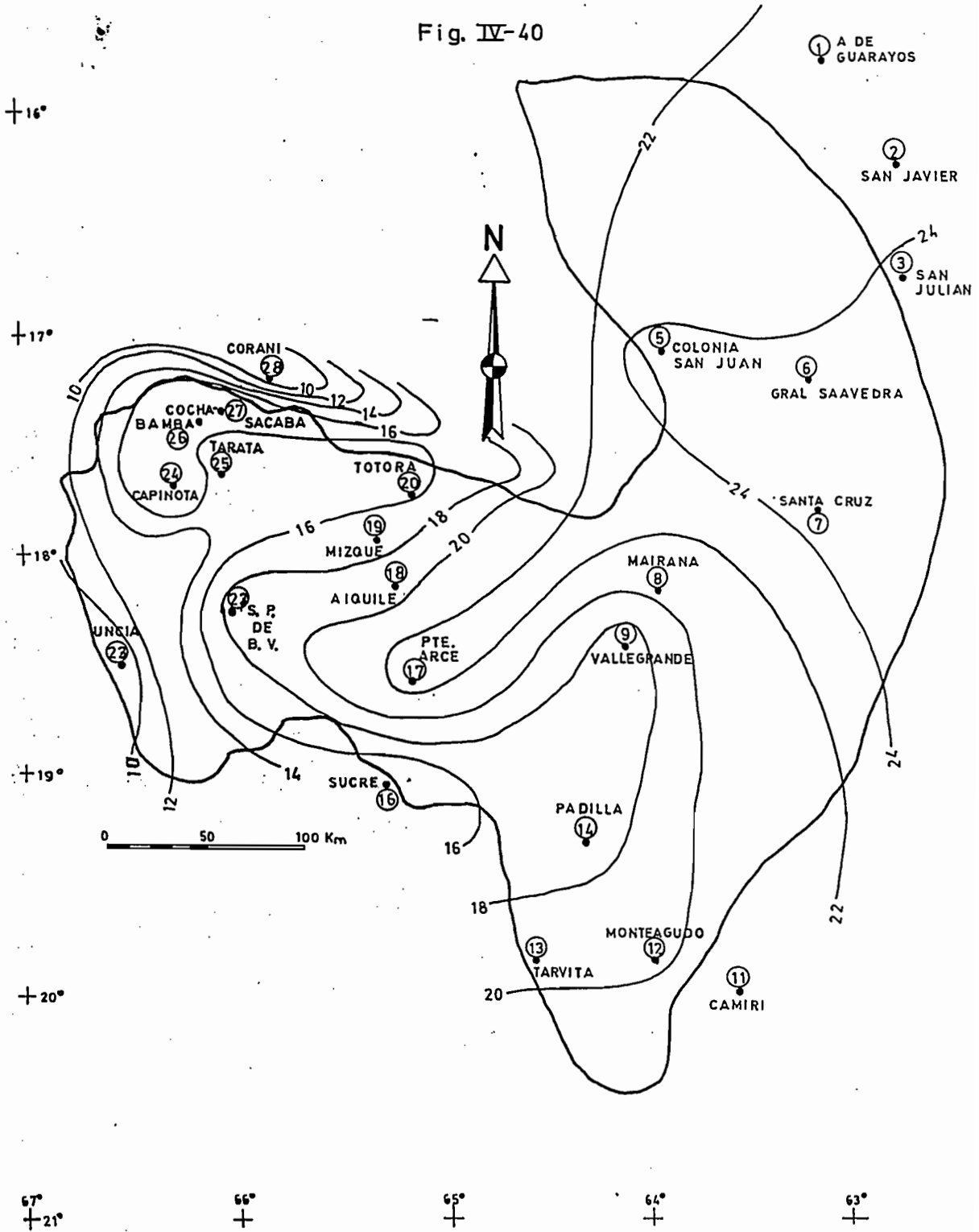
debido principalmente al efecto de altitud, por lo que varían de 22 a 26°C.

4.2.2.3 Temperaturas mínima promedio anual.

Los valores más bajos, se localizan en las partes más elevadas,

TEMPERATURA MEDIA ANUAL

Fig. IV-40



particularmente en las zonas con más de 3000 m. s. m., en donde el efecto de la disminución de la temperatura del aire por la altitud, se agrega el efecto debido a la latitud, se tiene registros que oscilan entre 2 a 5 °C.

En la zona central de la cuenca, la mínima promedio es de 8 a 12 °C, salvo la región de Puente Arce donde toma valores cercanos a los 17°C.

En la parte baja de la cuenca, es decir en la zona de los llanos, la temperatura va de los 18 a los 20°C la tabla IV - 17, nos da la relación de las temperaturas máximas y mínimas en todas las estaciones, de la cuenca, representación gráfica en las figuras IV - 41 y IV - 42.

4.2.2.4 Temperatura media en Junio.

De las observaciones registradas (figura IV - 43), se deduce que la zona más fría se localiza en las partes más elevadas (3.000 m.) registrando valores inferiores a 7°C; los registros van aumentando según disminuye la altura, así tenemos que para alturas entre 2.000 y 3.000 m.s.m., se tienen temperaturas que oscilan entre 12 y 16°C.

La zona más calurosa para este mes, es la parte baja de la cuenca (< 800 mt.) y donde se registra temperaturas cercanas a los 20°C.

TABLA IV-17

TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS PROMEDIO
 PERIODO: 1968-1982 (Valores en °C)

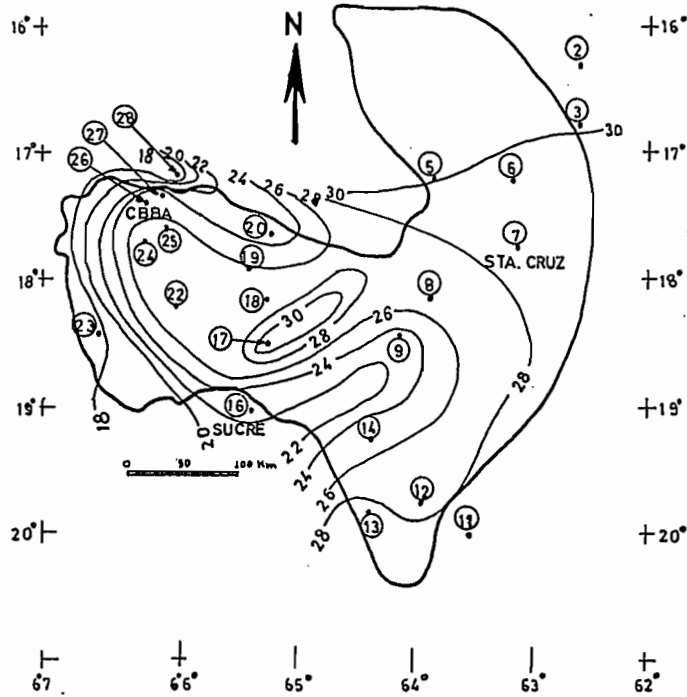
Nº DE ORDEN LAS FIG. IV-41 Y 42	ESTACION	T. MAX. (°C)	T MIN. (°C)
2	SAN JAVIER	28.3	18.0
3	SAN JULIAN	30.1	18.5
5	COL. SAN JUAN	30.0	18.5
6	GRAL. SAAVEDRA	29.5	18.8
7	SANTA CRUZ	28.9	19.3
8	MAIRANA	26.8	14.4
9	VALLEGRANDE	22.9	10.9
11	CAMIRI	28.5	15.4
12	MONTEAGUDO	27.8	13.8
13	TARVITA	28.6	12.7
14	PADILLA	25.4	12.0
16	SUCRE	22.6	8.0
17	PUENTE ARCE	31.9	16.9
18	ATQUILE	26.3	11.2
19	MIZQUE	26.0	7.6
20	TOTORA	23.8	7.3
22	S. P.DE B.V.	26.7	11.1
23	UNCIA	17.2	2.6
24	CAPINDTA	28.0	8.0
25	TARATA	26.1	5.6
26	COCHABAMBA	25.9	8.0
27	SACABA	25.7	8.7
28	CORANI	14.0	5.0

4.2.2.5 Temperatura media en Noviembre.

Los valores más altos se registran en la parte baja de la cuenca (ver fig. IV - 44), con temperaturas próximas a los 26 °C, para ir disminuyendo conforme aumenta la altitud y también la latitud, así por ejemplo tenemos de 18 a 21 °C de temperatura para

Temperatura Maxima Promedio Anual

Fig. IV- 41



Temperatura Minima Promedio Anual

Fig. IV- 42

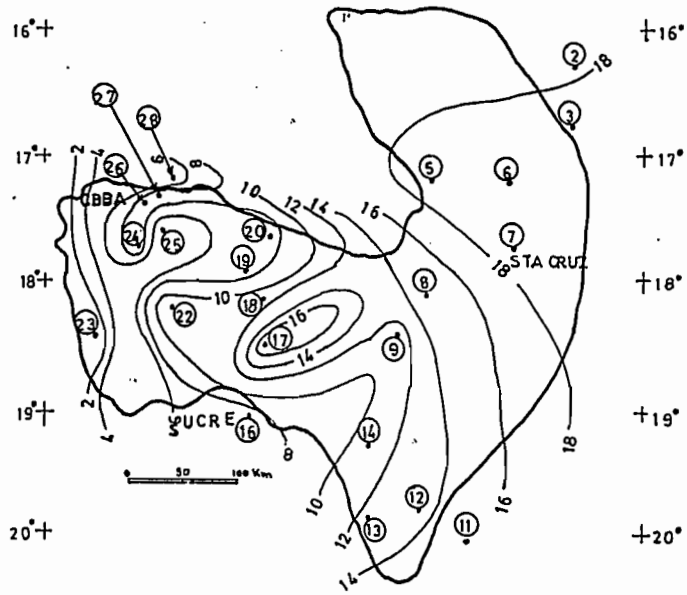


TABLA IV-18

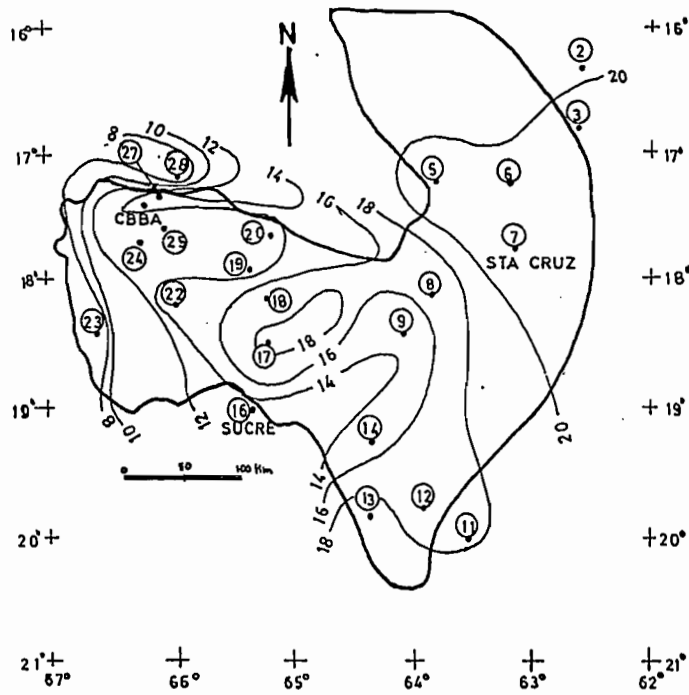
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN JUNIO Y NOVIEMBRE

PERIODO: 1968-1982 (Valor en °C)

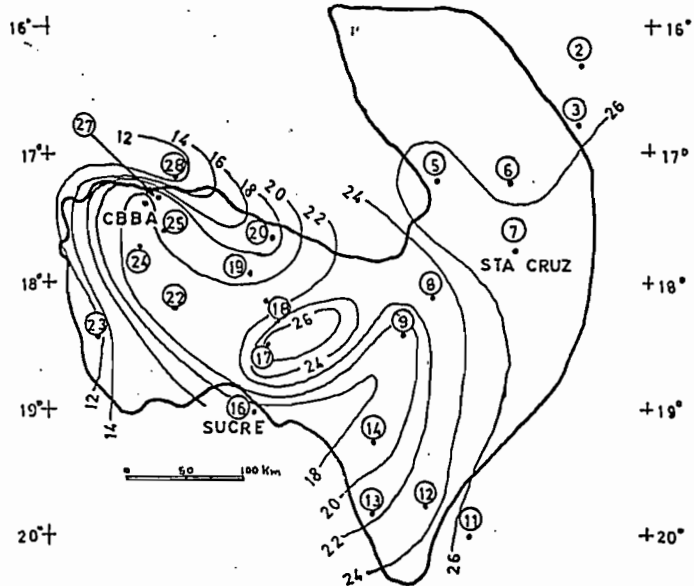
Nº DE ORDEN EN LAS FIGURAS IV-45 Y 44	ESTACION	T. MED. JUNIO	T. MED. NOVIEMBRE
1	A. DE GUARAYOS	19.5	24.6
2	SAN JAVIER	20.4	25.2
3	SAN JULIAN	20.1	25.9
5	COL. SAN JUAN	20.9	26.1
6	BRAL. SAAVEDRA	20.4	25.8
7	SANTA CRUZ	20.5	26.8
8	MAIRANA	17.7	22.3
9	VALLEGRANDE	14.1	18.6
11	CAMIRI	17.9	26.3
12	MONTEAGUDO	16.4	23.1
13	TARVITA	18.3	22.0
14	PADILLA	15.1	18.5
16	SUCRE	12.7	17.2
17	PUENTE ARCE	20.6	27.8
18	AIQUILE	15.9	20.9
19	MIZQUE	13.2	19.7
20	TOTORA	12.9	17.6
22	S. P. DE B.V.	16.4	21.2
23	UNCIA	6.9	11.8
24	CAPINOTA	13.3	21.3
25	TARATA	12.4	18.1
26	COCHABAMBA	14.4	21.2
27	SACABA	14.3	19.6
28	CORANI	7.4	10.7

las zonas con alturas que están próximas a los 2.000 metros sobre el nivel del mar y menos de 12°C para las zonas con alturas por encima de los 3.000 metros.

Temperatura Media en Junio
Fig IV- 43



Temperatura Media en Noviembre
Fig IV- 44

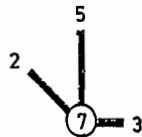


4.3 Vientos.

Los movimientos de aire se originan como una consecuencia de las diferencias de presión atmosférica en la superficie del globo, los vientos soplan de las zonas de alta presión en dirección a los de baja presión y la velocidad de este movimiento de traslación está en razón directa a la diferencia de presiones entre las áreas donde se origina la corriente de aire y a la que se dirige.

La velocidad y dirección del viento se registran, respectivamente con ayuda del anemómetro y la veleta, colocados ambos sobre una terraza ó edificio, de suerte que la corrientes superficiales de aire no encuentren obstáculos.

Convencionalmente se representan estas observaciones por medio de la rosa de los vientos que se localiza sobre un mapa, en el sitio en que se encuentra la estación en donde se registra la información correspondiente.



ESC. DE FRECUENCIAS
0 50 100%

Las barras indican la dirección de donde sopla el viento hacia el centro del círculo; la longitud es proporcional a su frecuencia en el periodo que se está representando.

La velocidad del viento se señala en nudos, con una cifra al extremo de la barra. En el centro del círculo de la rosa de los vientos se indica con un número, la frecuencia de las calmas que se presentan en el período considerado, pudiendo ser valores medios diarios, mensuales o anuales.

4.3.1 Rosa de los vientos. Promedio mensual.

La velocidad y dirección del viento por lo general son anotadas 3 veces al día y el viento dominante mensual se calcula como sigue.

. Para un día determinado atribuimos una dirección al viento que en la medida en que 2 de las 3 observaciones nos dan la misma dirección. La velocidad media, es la media de estas 2 medidas. En el caso contrario está indicando viento de dirección variable.

. Para el mes, la dirección retenida es aquella observada el número máximo de días, la velocidad media es la media de los valores diarios relativa a esta dirección prevalente.

Como los vientos cambian de dirección y velocidad en el curso del año, en las fig. IV-45 a 47, se presentan los valores correspondientes de cada mes, y donde dichas figuras, muestran el valor general promedio mensual de los sitios de observación. Es muy interesante estudiarla con cuidado, por que permite darse cuenta de la dirección de los vientos dominantes y de su velocidad.

El análisis se realiza por cuatrimestres.

4.3.1.1 Rosa de los vientos Enero, Febrero, Marzo, Abril.

El estudio de este cuatrimestre mostró en promedio los siguientes resultados: (ver figura IV - 45 y tabla IV - 19) la estación de Cochabamba, registra en Enero 20% de calmas, predominando vientos de Nor-Oeste y Sur-Este, febrero y marzo con 7% de calmas y vientos del Sur-Este como predominante, Abril muestra gran porcentaje de calma (47%). La estación de Uncía, registra en enero, febrero y marzo 25% de calmas y 13% en abril, habiendo predominado en los 4 meses vientos del Sur-Oeste, el puesto de Aiquile captó 50, 60% de calmas para enero y febrero y 90% para marzo y abril, por lo que se observa la casi inexistencia de vientos. La estación de Sucre, muestra que la totalidad de los vientos vienen del Nor-Oeste.

La parte baja de la cuenca, tiene los siguientes resultados. La estación de Santa Cruz presenta 0% de calma y viento Nor-Oeste como predominante. Al norte de la cuenca, la estación de A. de Guarayos muestra 0% de calmas para enero y 7% para febrero, marzo y abril, el viento dominante es el norte para enero, febrero y marzo y viento surpara abril.

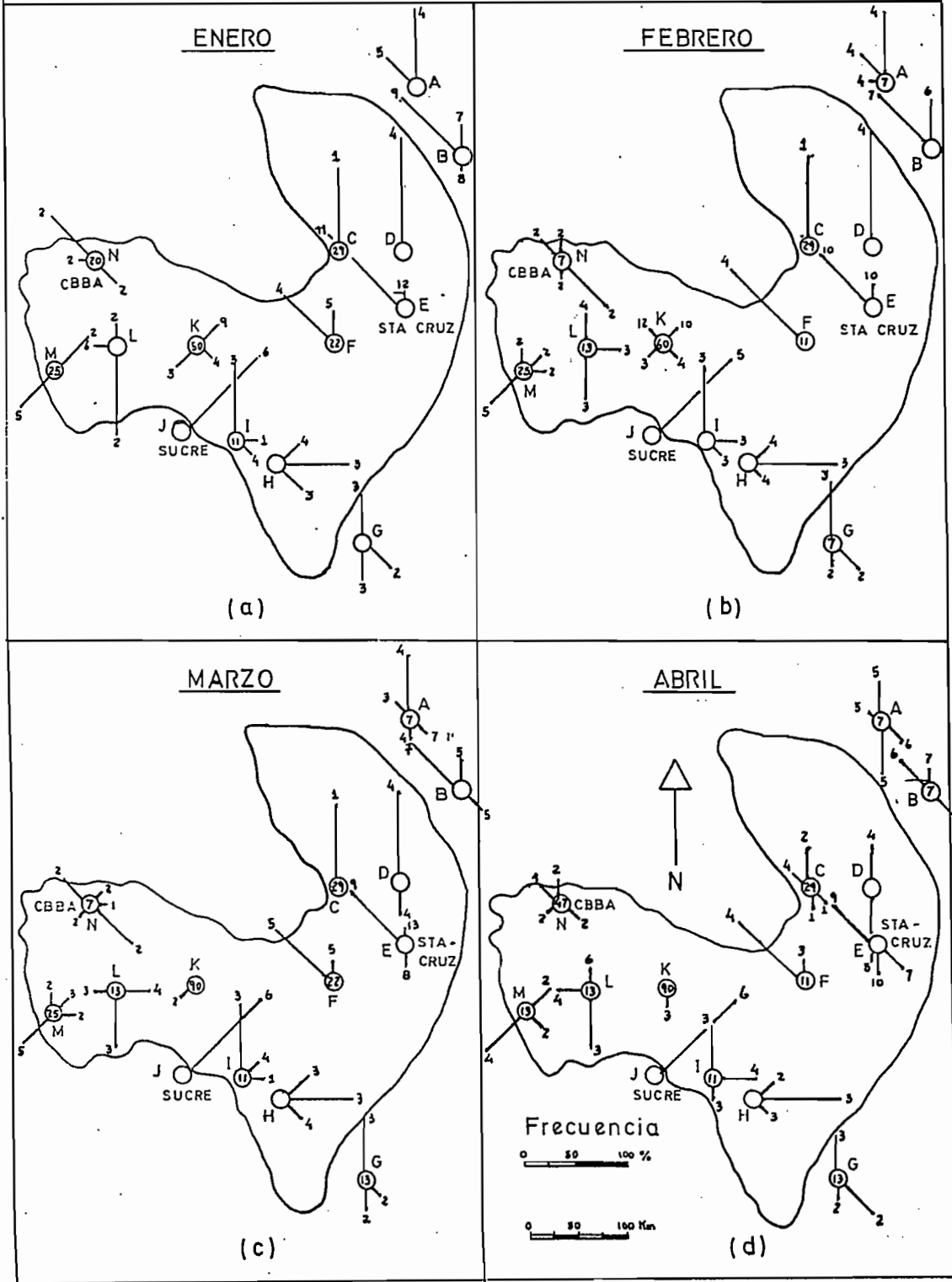
TABLA IV-19

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD CON LAS QUE SE ELABORO
LA ROSA DE LO VIENTOS PARA LOS MESES DE ENERO, FEBRERO, MARZO Y ABRIL

ORDEN FIG. IV-45	ESTACION	MES	N		NW		W		SW		S		SE		E		NE		CALMA FRECUENCIA	
			F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V		
A	ASCENSION DE GUARAYOS	ENERO	66.7	5	33.3	4														
		FEBRERO	60.0	4	26.7	4	6.7	4												6.7
		MARZO	53.3	4	13.3	3					13.3	4	13.3	7						6.7
		ABRIL	26.7	5	6.7	5					40.0	5	20.0	6						6.7
B	SAN JAVIER	ENERO	20.0	7	73.3	9					6.7	8								
		FEBRERO	33.3	6	66.7	7														
		MARZO	20.0	5	60.0	7							20.0	5						
		ABRIL	13.3	7	33.3	6							46.7	6						6.7
C	COLONIA SAN JUAN	ENERO	71.4	1																28.6
		FEBRERO	71.4	1																28.6
		MARZO	71.4	1																28.6
		ABRIL	28.6	2	14.3	4					14.3	1	14.3	1						28.6
D	GENERAL SAAVEDRA	ENERO	100.0	4																
		FEBRERO	100.0	4																
		MARZO	77.8	4							22.2	4								
		ABRIL	33.3	4							66.7	5								
E	SANTA CRUZ	ENERO	6.7	12	93.3	11														
		FEBRERO	13.3	10	86.7	10														
		MARZO	6.7	13	80.0	9					13.3	8								
		ABRIL			53.3	9					20.0	10	26.7	7						
F	MAYRANA	ENERO	22.2	5	55.6	4														22.2
		FEBRERO			88.9	4														11.1
		MARZO	11.1	5	66.7	5														22.2
		ABRIL	11.1	3	77.8	4														11.1
G	CAMIRI	ENERO	40.0	3							26.7	3	33.3	2						
		FEBRERO	53.3	3							13.3	2	26.7	2						6.7
		MARZO	53.3	3							20.0	2	13.3	2						13.3
		ABRIL	33.3	3							13.3	2	40.0	2						13.3
H	PADILLA	ENERO										25.0	3	58.3	3	16.7	4			
		FEBRERO											8.3	4	75.3	3	16.7	4		11.1
		MARZO											16.7	4	58.3	3	25.0	3		25.0
		ABRIL											8.3	3	75.0	3	16.7	2		

ORDEN FIG. IV-45	ESTACION	MES	N		NW		W		SW		S		SE		E		NE		CALMA FRECUENCIA
			F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	
I	ZUCAFES	ENERO	66.7	63									11.1	4	11.1	1			11.1
		FEBRERO	66.7	3									11.3	3	22.2	3			
		MARZO	66.7	3											11.1	1	11.1	1	11.1
		ABRIL	44.4	3							11.1	3			33.3	4			11.1
J	SUCRE	ENERO															100.0	6	
		FEBRERO															100.0	5	
		MARZO															100.0	6	
		ABRIL															100.0	6	
K	AIGUILE	ENERO						20.3	3			10.0	4			20.0	9	50.0	
		FEBRERO			10.0	12			10.0	3			10.0	4		10.0	10	60.0	
		MARZO							10.0	2								90.0	
		ABRIL									10.0	3						90.0	
L	S.P. DE V. P.	ENERO																	
		FEBRERO	25.0	4							37.5	3			25.0	3		12.5	
		MARZO					12.5	3			50.0	3			25.0	4		12.5	
		ABRIL	12.5	6			25.0	4			50.0	3						12.5	
M	UNCIA	ENERO							37.5	5						37.5	2	25.0	
		FEBRERO	12.5	2					37.5	5				12.5	2	12.5	2	25.0	
		MARZO	12.5	2					37.5	5				12.5	2	12.5	3	25.0	
		ABRIL							50.0	4			12.5	2		25.0	2	12.5	
N	COCHABAMBA	ENERO			53.3	2	6.7	2				20.0	2					20.0	
		FEBRERO	13.3	2	20.0	2					6.7	2	53.3	2				6.7	
		MARZO			26.7	2			6.7	2			46.7	2	6.7	1	6.7	1	6.7
		ABRIL	13.3	2	20.0	1			6.7	2			13.3	2				46.7	

Dirección, Velocidad y Frecuencia del Viento (Media Mensual)
 Fig. IV-45



4.3.1.2 Rosa de los vientos : Mayo, Junio, Julio y Agosto.

El estudio del cuatrimestre que toca, que puede considerarse como de invierno, arroja los siguientes resultados (ver fig. IV - 46 y tabla IV - 20).

En la cabecera de la cuenca, la estación de Cochabamba registra un elevado porcentaje de calmas, 67% para enero y febrero y 47 y 7% para Julio y Agosto respectivamente, los vientos que se producen son de dirección variable. El puesto de Aiquile, al igual que el anterior cuatrimestre presenta un alto porcentaje de calmas 80% para mayo y Junio y 60% para Julio y Agosto, Sucre también presenta un registro igual que el cuatrimestre anterior, es decir 100% de viento Nor-Este ya en la parte media de la cuenca, la estación de Camiri presenta 13% de calma para Mayo y Junio y 0% de para Julio y Agosto, los vientos dominantes son Norte, Sur y Sureste.

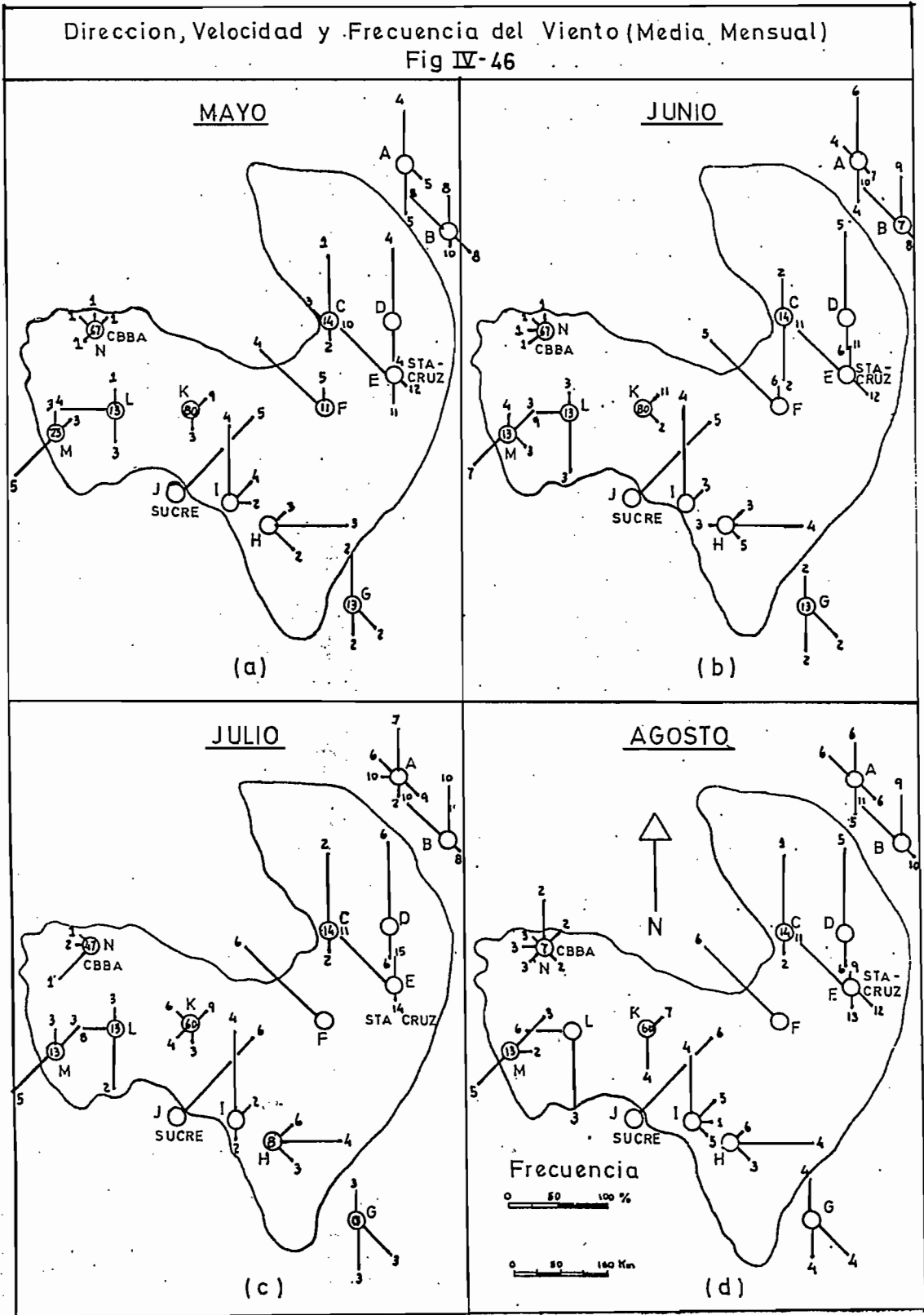
En la parte baja de la cuenca la estación de Santa Cruz mantiene, como viento dominante el noroeste, la única diferencia con el cuatrimestre anterior sería que aparecen vientos del sureste, aunque con baja frecuencia. La estación de colonia San Juan registra 14% de calmas para los cuatro meses y como viento dominante el Norte, también se presenta el viento sur aunque con menor frecuencia que el anterior y por último las estaciones de Ascen

TABLA IV-20

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD CON LAS QUE SE ELABORO
LA ROSA DE LO VIENTOS PARA LOS MESES DE MAYO, JUNIO, JULIO Y AGOSTO

ORDEN FIG. IV-46	ESTACION	MES	N		NN		H		SW		S		SE		E		NE		CALMA FRECUENCIA		
			F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V			
A	ASCENSION DE GUARAYOS	MAYO	46.7	4							40.0	5	13.3	5							
		JUNIO	53.3	6	13.3	4					26.7	4	6.7	7							
		JULIO	40.0	7	20.0	6	6.7	10			13.3	2	20.0	9							
		AGOSTO	26.7	6	26.7	6					26.7	5	20.0	6							
B	SAN JAVIER	MAYO	26.7	8	46.7	8					6.7	10	20.0	8						6.7	
		JUNIO	40.0	9	46.7	10							6.7	8							
		JULIO	46.7	10	46.7	10							6.7	8							
		AGOSTO	40.0	9	46.7	11							13.3	10							
C	COLONIA SAN JUAN	MAYO	57.1	1	14.3	3					14.3	2								14.3	
		JUNIO	28.6	2							57.1	2									14.3
		JULIO	71.4	2							14.3	2									14.3
		AGOSTO	71.4	1							14.3	2									14.3
D	SAAVEDRA	MAYO	66.7	4							33.3	4									
		JUNIO	77.8	5							22.2	6									
		JULIO	78.8	6							22.2	6									
		AGOSTO	77.8	5							22.2	6									
E	SANTA CRUZ	MAYO			73.3	10					20.0	11	6.7	12							
		JUNIO	20.0	11	60.0	11							20.0	12							
		JULIO	20.0	15	73.3	11					6.7	14									
		AGOSTO	6.7	9	60.0	11					13.3	13	20.0	12							
F	MAIRANA	MAYO	11.1	5	77.8	4														11.1	
		JUNIO	11.1	6	88.9	5															
		JULIO			100.0	6															
		AGOSTO			100.0	6															
G	CAMIRI	MAYO	40.0	2							20.0	2	26.7	2						13.3	
		JUNIO	20.0	2							33.3	2	33.3	2						13.3	
		JULIO	20.0	3							40.0	3	40.0	3							
		AGOSTO	33.3	4							26.7	4	40.0	4							

ORDEN FIG. IV-46	ESTACION	MES	N		NW		W		SW		S		SE		E		NE		CALMA FRECUENCIA	
			F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V		
H	PADILLA	MAYO											25.0	2	66.7	3	8.3	3		
		JUNIO					8.3	3					8.3	5	66.7	4	16.7	3		
		JULIO											16.7	3	58.3	4	16.7	6	8.3	
		AGOSTO											16.7	3	75.0	4	8.3	6		
I	ZUDAGES	MAYO	66.7	4											11.1	2	22.2	4		
		JUNIO	88.9	4													11.1	3		
		JULIO	77.8	4							11.1	2					11.1	2		
		AGOSTO	55.6	4									11.1	5	11.1	1	22.2	5		
J	SUCRE	MAYO															100.0	5		
		JUNIO															100.0	5		
		JULIO															100.0	6		
		AGOSTO															100.0	6		
K	AIGUILE	MAYO									10.0	3					10.9		80.0	
		JUNIO											10.0	2			10.0	11	80.0	
		JULIO			10.0	6			10.0	4	10.0	3					10.0	9	60.0	
		AGOSTO									30.0	4					10.0	7	60.0	
L	S.P. DE V. P.	MAYO	12.5	1			50.0	4			25.0	3							12.5	
		JUNIO	12.5	3			25.0	9			50.0	3								12.5
		JULIO	12.5	3			25.0	8			50.0	2								12.5
		AGOSTO					37.5	6			62.5	3								
M	UNCIA	MAYO	12.5	3					50.0	5							12.5	3	25.0	
		JUNIO	12.5	4					37.5	7			12.5	3			25.0	3	12.5	
		JULIO	12.5	3					50.0	5							25.0	3	12.5	
		AGOSTO							37.5	5				12.5	2	37.5	3	12.5		
N	COCHABAMBA	MAYO	6.7	1	13.3	1			6.7	1							6.7	1	66.7	
		JUNIO	6.7	1	6.7	1	6.7	1	13.3	1									66.7	
		JULIO			6.7	1	6.7	2	40.0	1									46.7	
		AGOSTO	40.0	2	6.7	3	13.3	3	13.3	3			6.7	2			13.3	2	6.7	



ción de guarayos no registra calmas para los cuatro meses y como vientos dominantes el norte y sur para Mayo y Junio y norte, noroeste y sureste para Julio y Agosto.

4.3.1.3 Rosa de los vientos Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.

Examinando las cartas correspondientes a este cuatrimestre (ver fig. IV - 47 y tabla IV - 21), se concluye lo siguiente. Comenzando por la cabecera de la cuenca, la estación de Cochabamba no tiene calmas para este cuatrimestre, en Septiembre el viento con mayor frecuencia es el norte, en Octubre y Noviembre el viento es variable y para el último mes del año, el viento que domina es el Sureste. Bajando un poco la cuenca, la estación de Aiquile presenta gran porcentaje de calmas, tal como ocurrió durante todo el año, el puesto de Sucre registra vientos del Noreste, tal como ocurrió en los meses anteriores y por último, en la parte llana de la cuenca, la estación de Santa Cruz no tiene calmas y el viento dominante es el noroeste. El puesto de colonia San Juan Registra para los cuatro meses 14% de calma y el Norte como viento dominante, para concluir, la estación A. de Guarayos, presenta 0% de calmas y viento norte como dominante.

TABLA N° IV - 21

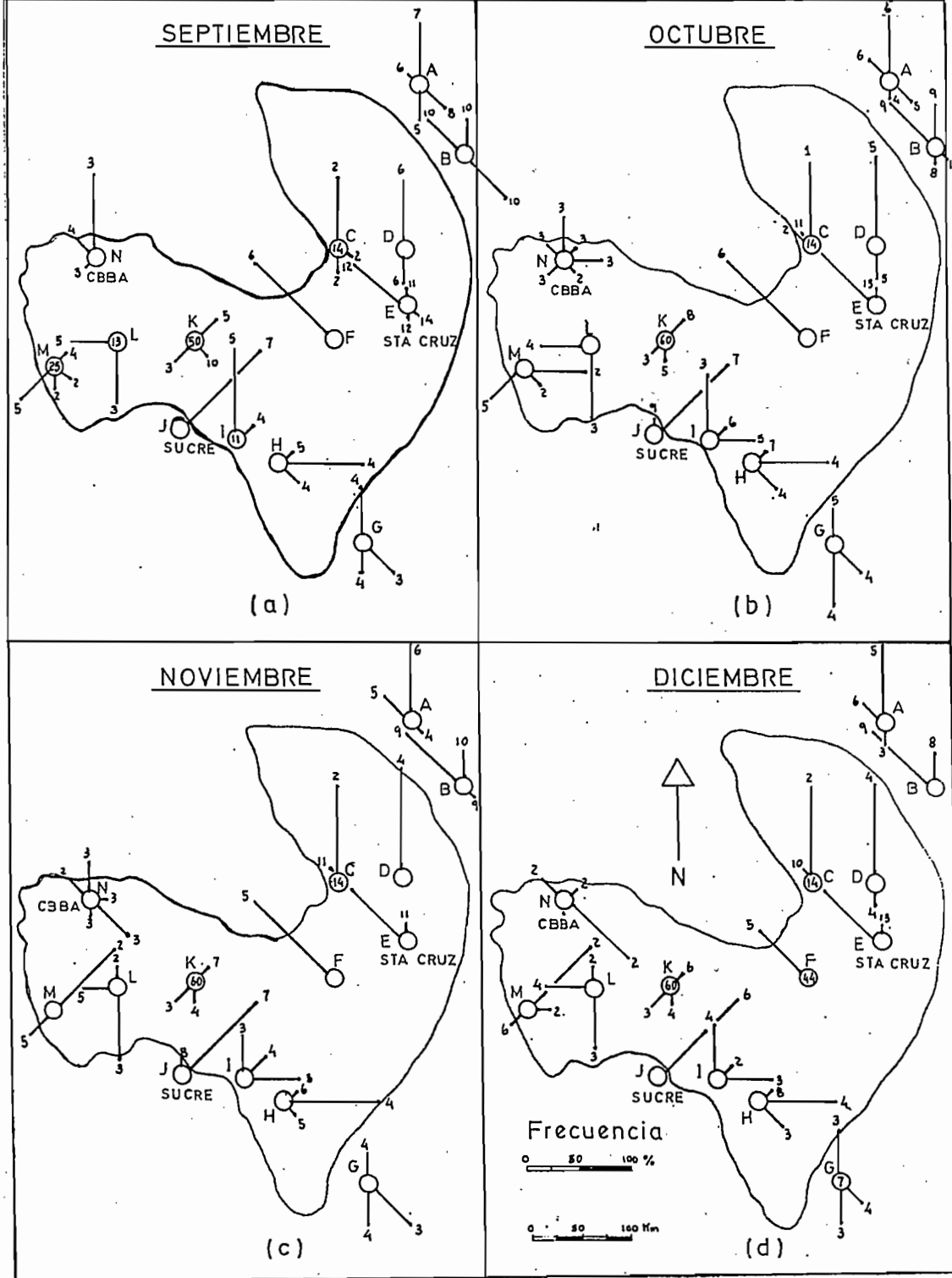
DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD CON LAS QUE SE ELABORO
LA ROSA DE LOS VIENTOS PARA LOS MESES DE SEPTIEMBRE, OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE.

ORDEN FIG. IV-47	ESTACION	MES	N		NN		M		SN		S		SE		E		NE		CALMA FREC.	
			F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V		
A	A. DE GUARAYOS	S	53.3	7	6.7	6					20.0	5	20.0	8						
		O	53.3	6	20.0	6					6.7	4	20.0	5						
		N	66.7	6	26.7	5								6.7	4					
		D	66.7	5	20.0	6					13.3	3								
B	SAN JAVIER	S	26.7	10	40.0	10							53.3	10						
		O	33.3	9	53.3	9					6.7	8	6.7	11						
		N	26.7	10	66.7	9								6.7	9					
		D	26.7	8	73.7	9														
C	COL. SAN JUAN	S	57.1	2							14.3	2	14.3	2					14.3	
		O	71.4	1	14.3	2													14.3	
		N	85.7	2															14.3	
		D	85.7	2															14.3	
D	GRAL. SAAVEDRA	S	55.6	6							44.4	6								
		O	77.7	5							22.3	5								
		N	100.0	4																
		D	88.9	4							11.1	4								
E	SANTA CRUZ	S	6.7	11	80.0	12					6.7	12	6.7	14						
		O	6.7	13	93.3	11														
		N	6.7	11	93.3	11														
		D	6.7	13	93.3	10														
F	MAIRANA	S			100.0	6														
		O			100.0	6														
		N			100.0	5														
		D			55.6	5													44.4	
G	CAMIRI	S	46.7	4							20.0	4	33.3	3						
		O	26.7	5							46.7	4	26.7	4						
		N	20.0	4							33.3	4	46.7	3						
		D	40.0	3							33.3	3	20.0	4						

CONTINUA TABLA IV - 21

ORDEN FIG. IV-47	ESTACION	MES	N		NW		W		SW		S		SE		E		NE		CALMA FREC.
			F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	
H	PADILLA	S										16.7	4	75.0	4	8.3	5		
		O										25.0	4	66.7	4	8.3	7		
		N										8.3	5	83.3	4	8.3	6		
		D										25.0	3	66.7	4	8.3	8		
I	ZUDAGES	S	77.8	5													11.1	4	11.1
		O	55.6	3											33.3	5	11.1	6	
		N	33.3	3											44.4	5	22.2	4	
		D	44.4	4											44.4	3	11.1	2	
J	SUCRE	S																100.0	7
		O	6.7	9														93.3	7
		N	6.7	8														93.3	7
		D																100.0	6
K	ATRUJILE	S							20.0	3			10.0	10			20.0	5	50.0
		O							10.0	3	10.0	5					20.0	8	60.0
		N							20.0	3	10.0	4					10.0	7	60.0
		D							20.0	3	10.0	4					10.0	6	60.0
L	S.P. DE B.V.	S			37.5	5					50.0	3							12.5
		O			37.5	4					62.5	3							
		N	12.5	2	25.0	5					62.5	3							
		D	12.5	2	37.5	4					50.0	3							
M	UNCIA	S							37.5	5	12.5	2	12.5	2			12.5	4	25.0
		O							37.5	5			12.5	2	50.0	2			
		N							25.0	5							75.0	2	
		D							12.5	6					12.5	2	75.0	2	
N	COCHARAMBA	S	73.7	3	20.0	4			6.7	3									
		O	33.3	3	13.3	3			13.3	3			6.7	2	26.7	3	6.7	3	
		N	26.7	3	20.0	2					6.7	3	40.0	3	6.7	3			
		D			20.0	2							73.3	2			6.7	2	

Dirección, Velocidad y Frecuencia del Viento (Media Mensual)
Fig IV-47



4.3.2 Vientos promedio anual.

Con las observaciones diarias registradas durante todo el año, en las catorce estaciones ya citadas, se preparó la carta (fig. IV - 48 y tabla IV - 22) que muestra el valor general promedio anual en cada año de los sitios de observación.

Examinando con atención esta representación se destacan las siguientes observaciones:

TABLA IV - 22

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD MEDIA CON LA QUE SE ELABORO

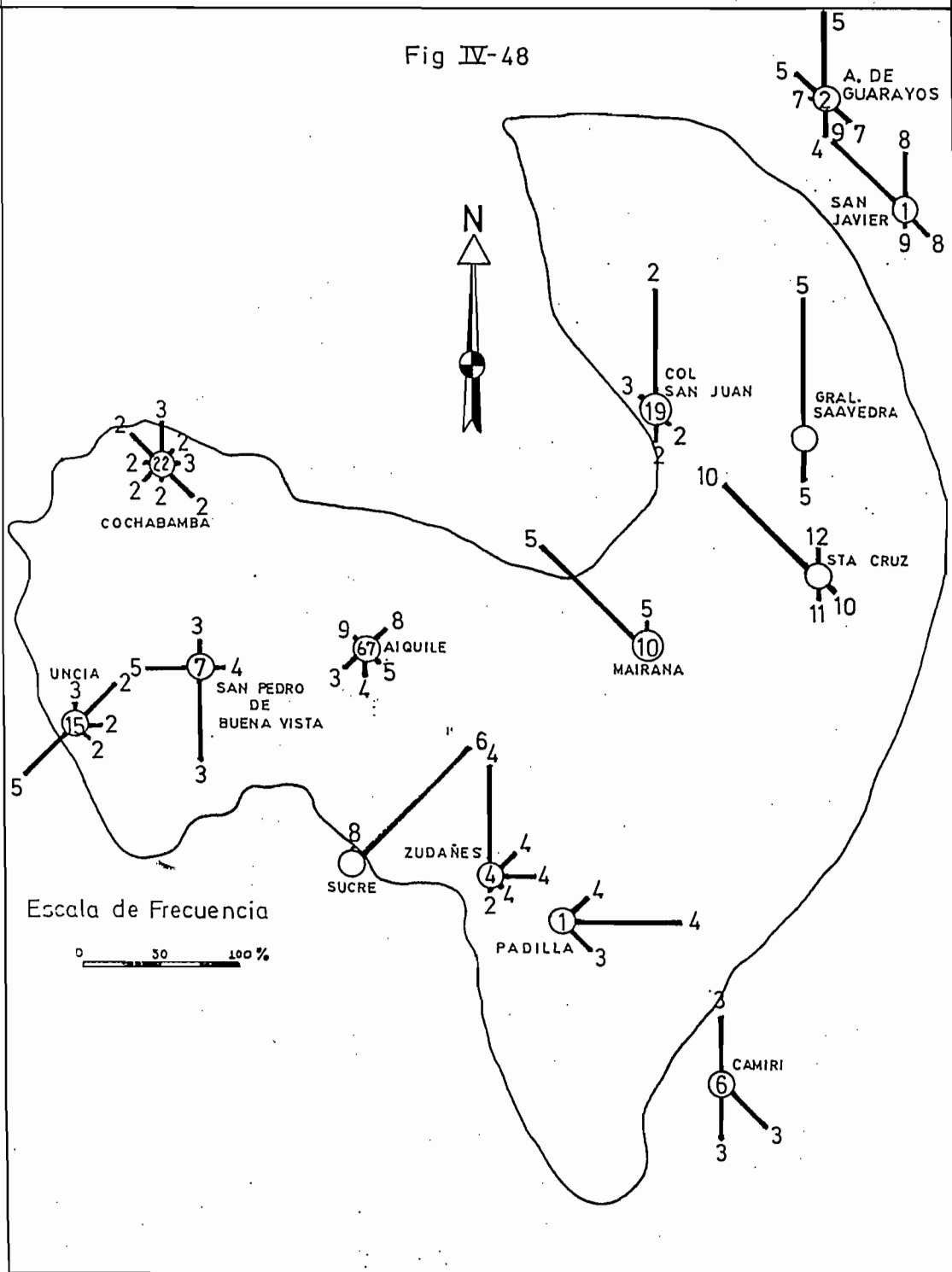
LA ROSA DE LOS VIENTOS ANUAL

ORDEN FIG. IV-48	ESTACION	N		NW		W		SW		S		SE		E		NE		CALMA FREC.
		F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	
A	GUARAYOS	51.1	5	17.8	5	1.1	7			16.7	4	11.7	7					1.7
B	SAN JAVIER	29.4	8	54.4	9					1.7	9	13.3	8					1.1
C	COL. SAN JUAN	64.3	1.5	3.6	3					10.7	2	2.4	2					19.0
D	GRAL. SAAVEDRA	77.8	5							22.2	5							
E	SANTA CRUZ	8.3	12	78.3	10					6.7	11	6.7	10					
F	MAIRANA	5.6	5	84.3	5													10.2
G	CAMIRI	35.6	3							27.3	3	31.7	3					5.6
H	PADILLA					0.7	3					16.7	3	68.8	4	13.2	4	0.7
I	ZUDAGES	62.0	4							1.9	2	2.8	4	18.5	4	11.1	4	3.7
J	SUCRE	1.1	8													98.9	6	
K	AIGUILLE			1.7	9			10.0	3	7.5	4	3.3	5			10.8	8	66.7
L	S.P. DE B.V.	9.4	3			27.1	5			52.1	3			4.2	4			7.3
M	UNCIA	5.2	3					38.5	5			4.2	2	8.3	2	29.2	2	14.6
N	COCHABAMBA	17.8	3	18.9	2	2.8	2	8.9	2	1.1	2	21.7	2	3.3	3	3.3	2	22.2

En la parte alta de la cuenca, en Uncia, uno de los vientos que más frecuentemente se presenta es el del sur oeste. En Cochabamba, los vientos se reparten en todas direcciones y con 22% de

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO ANUAL

Fig IV-48



calmas. En la estación de Aiquile las calmas registran valores altos (67%), lo que nos permite explicar las altas temperaturas durante el verano. En Sucre, el viento más frecuente y prácticamente el único, es el noroeste.

En la parte media de la cuenca, la estación de Camiri registra como vientos más frecuentes los del norte, sur y sureste; ya en la parte de los llanos, es decir en la parte baja de la cuenca, la estación de Santa Cruz presenta como viento más frecuente el del noroeste, y por último, desde colonia San Juan, hasta Ascensión de Guarayos, el viento más frecuente es el Norte.

4.4 Humedad Relativa,

Un volumen determinado de aire no puede contener como máximo sino una cantidad precisa de agua para cada determinada temperatura. Es común expresar esto fijando el porcentaje que representa la cantidad de agua que existe en un metro cúbico en relación con la máxima cantidad que, a esa temperatura, es posible que la atmósfera contenga, a este valor expresado en por ciento, se le conoce con el nombre de humedad relativa.

Para caracterizar el estado higrométrico del medio ambiente se usa comúnmente la humedad relativa, calculada con los datos de la temperatura del aire, y del bulbo húmedo. La variación de la humedad relativa es inversa a la temperatura durante el día,

siendo máxima al amanecer que es cuando la temperatura del aire llega a su valor más bajo, al avanzar el día la humedad relativa disminuye con el caldeoamiento del aire, llegando a su valor mínimo durante las horas de mayor calor, para aumentar paulatinamente al caer la tarde.

El vapor de agua contenido en la atmósfera tiene gran importancia en el comportamiento de los seres vivos.

La zona de mayor humedad relativa anual, es la parte baja de la cuenca, es decir la zona de los llanos, con un valor máximo de 84% para Ascensión de Guarayos y con valores de 70 a 75% para el resto de las estaciones que se encuentran en esta zona baja, como ser San Javier, San Julian, Col. San Juan y Santa Cruz.

Para la parte media de la cuenca, los valores oscilan entre 55 y 66% como ocurre en Camiri, Monteagudo, Padilla y Zudáñez, y por último los valores más bajos, corresponden a la parte alta de la cuenca siendo 47% el valor más bajo y corresponde a la estación de Cochabamba.

Como en el curso del año la Humedad Relativa varía; se preparó el cuadro Nº IV - 23 de Humedad Relativa media mensual y anual y donde se puede observar con mayor detalle la variación mes a mes de cada estación; así como también la variación de estación a estación.

TABLA IV - 23

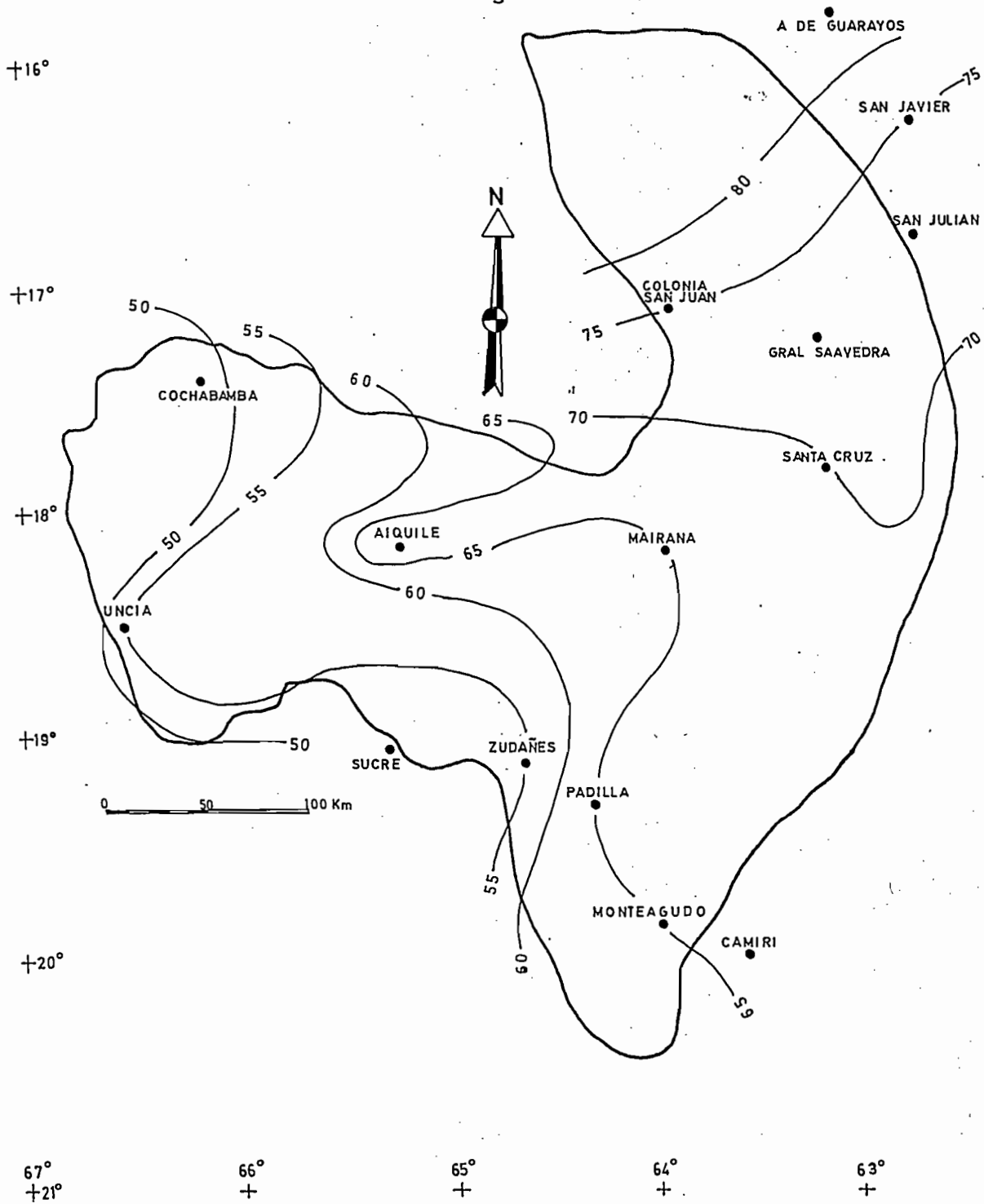
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL Y ANUAL (%)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
A. DE. GUARAYOS	88	88	89	87	87	86	83	78	76	80	83	86	84
SAN JAVIER	80	82	80	77	77	77	71	68	65	68	72	77	75
SAN JULIAN	79	80	78	76	76	75	69	61	64	65	71	75	72
COL. SAN JUAN	81	81	79	78	8	81	77	71	56	70	68	80	75
BRAL. SAAVEDRA	72	73	71	68	70	71	63	56	54	61	65	72	66
SANTA CRUZ	76	75	75	73	74	76	71	64	53	65	64	74	70
MAIRANA	70	72	72	72	64	69	59	61	55	62	64	61	65
CAMIRI	69	71	72	75	74	72	65	59	55	56	59	63	66
MONTEAGUDO	67	68	69	72	72	72	65	59	58	57	60	62	65
PADILLA	70	73	74	74	66	61	55	56	58	60	62	66	65
ZUDANES	71	67	69	61	53	49	42	41	47	50	56	59	55
SUCRE	65	67	65	58	44	38	38	41	44	46	51	57	51
AIQUILE	77	76	77	71	64	59	61	59	61	62	66	71	67
UNCIA	67	53	65	55	54	55	50	48	49	55	55	58	55
COCHABAMBA	59	61	58	51	44	41	40	41	41	40	43	49	47

Las isolíneas que unen los puntos de igual porcentaje de humedad, se muestra en la figura IV-49

HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL (%)

Fig IV-49



4.5 Insolacion.

La mayor parte de las estaciones meteorológicas sólo miden la duración de la insolación efectiva, en vez de la intensidad de la radiación solar. Algunas formas empíricas de cálculo de evapotranspiración (cap 4,6) precisan este dato para su aplicación. El número de horas en que ha lucido el sol durante un día se mide con heliógrafo, que registra de modo continuo sobre un papel sensible, curvado y orientado convenientemente para que la incidencia de los rayos sea normal.

El modelo usado en las estaciones de la cuenca es el de Campbell-Stokes, que recibe la radiación sobre una esfera de cristal óptico que, a modo de lente, la concentra sobre un papel registrador dispuesto detras. El cuadro IV - 24 nos muestra, el número medio diario de horas sol, en las distintas estaciones de la cuenca.

TABLA - 24

HORAS SOL MEDIO (HORAS/DIA)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Nº AÑOS	PERIODO
SAN JULIAN	5.5	5.9	6.3	6.1	5.4	4.9	6.4	7.2	6.3	7.2	6.5	5.9	6	78-83
COL. SAN JUAN	5.0	5.2	6.0	5.8	4.9	3.8	5.7	6.7	5.5	6.5	5.9	5.1	10	74-83
BRN. SAVEDRA	5.1	5.5	6.2	6.0	5.0	4.6	6.4	7.0	6.3	6.5	6.4	5.5	9	74-82
SANTA CRUZ	5.8	6.4	6.6	5.9	5.4	4.2	6.3	6.8	6.0	6.5	6.2	5.2	9	74-82
MAIRANA	5.3	5.7	6.0	6.0	6.5	6.1	6.5	7.4	6.7	6.9	5.4	6.1	6	78-83
VALLEGRANDE	4.7	5.0	5.0	4.9	6.6	6.0	6.7	7.1	6.3	5.8	6.1	5.6	6	78-83
MONTEAGUDO	5.6	5.8	5.0	4.0	4.0	4.3	5.5	6.2	5.3	5.8	5.7	5.8	8	76-83
PADILLA	5.2	5.1	5.3	5.6	6.7	6.8	6.7	7.1	6.7	6.3	5.5	5.4	12	72-83
SUCRE	5.8	6.1	6.2	7.1	9.3	8.7	8.9	8.9	8.4	7.8	7.7	6.5	10	74-83
SP. DE BV.	5.3	5.7	4.5	7.4	8.7	7.9	7.6	7.6	8.1	7.7	7.0	5.9	4	77-80
COCHABAMBA	5.2	6.1	6.5	8.0	9.0	8.9	8.9	8.5	7.8	8.2	7.6	6.2	10	73-82

4.6 Evaporación Y Evapotranspiración

Una gran parte del agua que llega a la tierra, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, directamente por evaporación o a través de las plantas por transpiración.

La cantidad de agua que así escapa al posible uso por el hombre dada la dificultad de medir por separado ambos términos, se reúnen frecuentemente bajo el nombre de Evapotranspiración.

4.6.1 Conceptos.

Evaporación. La evaporación es el resultado del proceso físico, por el cual el agua cambia de estado líquido a estado gaseoso, retornando, directamente a la atmósfera en forma de vapor.

Transpiración. Es el resultado del proceso físico-biológico por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, a través del metabolismo de las plantas, y pasa a la atmósfera.

Evapotranspiración. Evapotranspiración es el resultado del proceso por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y directamente, o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, es decir, la evapotranspiración no es un fenómeno distinto

a los descritos anteriormente, sino, es la suma de evaporación y transpiración, y el término sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación. Cuando ésta no existe, únicamente podría hablarse de evaporación. Por el contrario en condiciones naturales, y aunque el fenómeno no tiene sus características propias, no es posible la ocurrencia exclusiva de transpiración.

Es la dificultad en la medida por separado de esta variable lo que ha obligado a introducir el concepto de evapotranspiración. Desde el punto de vista práctico, dado que la evapotranspiración depende entre otros, de dos factores muy variables y difíciles de medir: el contenido de humedad del suelo y el desarrollo vegetal de la planta, THORNTHWAITE introduce un nuevo concepto optimizando ambos. Es la llamada EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL o pérdidas por evapotranspiración, en el doble supuesto de un desarrollo vegetal óptimo y una capacidad de campo permanentemente completa, será, por tanto, un límite superior de la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración y que se conoce con el nombre de EVAPOTRANSPIRACION REAL.

4.6.2 Precisión en su estimación.

En los siguientes puntos se analiza y estudia la forma como son estimadas la evaporación y la evapotranspiración.

De los dos parámetros, el único que generalmente se estima experimentalmente es la evaporación aún cuando esta también puede estimarse empíricamente. La evapotranspiración, excepto en casos puntuales y aislados, se estima generalmente a través de fórmulas empíricas.

El error que se comete en la estimación de la evaporación en forma experimental (según guía metodología para la elaboración del balance hídrico de América del sur), o sea a través de los evaporímetros, es el orden del 15 %, que equivale al error que se puede cometer al estimar el coeficiente de embalse. Al estimar la evapotranspiración en forma empírica el error puede ser más grande, ya que al error que involucra la fórmula que se emplee hay que añadir el de la precisión en las medidas de los parámetros que en ella intervienen. En el caso de la evapotranspiración, es más difícil cuantificar la precisión de su estimación, ya que en ella interviene además del error de la fórmula misma y de los parámetros meteorológicos que se utilicen, la cubierta vegetal de la cuenca.

4.6.3 Evaporación.

Las medidas de evaporación dentro la cuenca comenzaron a partir de 1973 y las estaciones que tienen registro continuo son: Cochabamba, Sucre, Padilla, Monteagudo, Santa Cruz, Gral. Saavedra y

Colonia San Juan, el resto de las estaciones tienen pocos años de registros o no los tienen .

La medición de la evaporación se efectúa con los evaporímetros. Por ser diferentes las condiciones naturales de un lago o embalse (profundidad, temperatura del agua, área de la superficie) de las del evaporímetro, es necesario aplicar a la evaporación medida con un evaporímetro un coeficiente de corrección denominado "coeficiente de embalse", que es la relación entre la evaporación real y la medida. El coeficiente que se adopta es 0.7 por tratarse de tanque tipo "A".

La siguiente tabla muestra, la evaporación en las estaciones con datos

TABLA IV - 25

EVAPORACION MEDIDA CON EL TANQUE "A"
(VALORES EN mm)

PERIODO	ESTACION/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
73/82	COCHABAMBA	147	129	129	131	115	105	116	141	135	184	187	155	1674
74/82	SUCRE	145	120	129	131	136	128	138	150	160	176	168	148	1729
76/82	PADILLA	133	107	116	98	102	110	122	132	147	139	131	132	1469
75/82	MONTEAGUDO	133	124	123	92	84	68	88	109	123	137	131	143	1355
74/82	SANTA CRUZ	157	135	151	123	99	92	128	165	171	177	177	164	1739
74/82	GRAL. SAAVEDRA	144	129	133	128	104	96	134	158	175	179	155	148	1683
75/82	COL. SAN JUAN	104	96	108	98	74	68	98	118	122	142	117	114	1259

4.6.4 Evapotranspiración.

Existen numerosos métodos para estimarla; algunos muy sofisticados para los antecedentes meteorológicos que poseen en la mayor parte del país, por lo cual se utilizará métodos que requieran antecedentes disponibles en la mayor parte de las estaciones dentro la cuenca y estos son los siguientes:

- THORNTHWAITE.
- PENMAN.
- TURC.

4.6.4.1 Fórmula de Thornthwaite.

Consiste en poder calcular para cada mes la ETP y a partir de su suma calcular el valor anual .

Para aplicar la fórmula se siguen los siguientes pasos

- i) Se calcula mes a mes el índice térmico "i"

$$i = (t/5)^{1.514}$$

donde t = temperatura media mensual

- ii) La ETP no corregida de cada mes se calcula por.

$$ETP'm. = ct^a$$

donde : c y a son coeficientes y vienen dados en función del

Índice anual $I = \sum_{i=1}^{12} i$ y son los mismos para todos los meses y vienen dados por las expresiones siguientes.

$$a = 675 \times 10^{-7} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.492.$$

$$c = 16 (10/I)^2$$

iii) La ETP corregida se obtiene al afectar los valores mensuales ETP_m por un coeficiente de corrección K, que tiene en cuenta la latitud, o sea, la duración de la insolación teórica y el número de días de cada mes.

Para obtener la evapotranspiración real (ETR), se establecen las siguientes hipótesis.

a) Si la precipitación mensual, P_m, es superior a ETP_m, entonces:

$$ETR = ETP_m.$$

$$\Delta H = P_m - ETP_m.$$

El excedente ΔH se almacena como humedad del suelo aumentando hasta la saturación del suelo, que Thornthwaite, consideró 100 mm. el excedente de los 100 mm. o sea $H - 100$, está disponible para el escurrimiento y alimentación subterránea.

b) Si $P < ETP_m$, la ETR es la suma de P_m y de parte ó toda la reserva de agua del suelo; suponiendo.

i) Si la reserva de humedad del suelo es grande entonces: $ETR_m = ETP_m$ y las reservas del suelo se reducen en $H = ETP_m - P_m$.

ii) Si la reserva de humedad del suelo es insuficiente para satisfacer la ETP, entonces la ETR será menor a ésta e igual a

P_m . más la humedad disponible ΔH . o sea:

$$ETR_m = P_m + \Delta H.$$

La suma de las ETR_m será la evapotranspiración Real Anual.

4.6.4.2 Fórmula de Penman.

La fórmula viene dada por la siguiente expresión :

$$E = \frac{\Delta/\gamma R_n + E_a}{\Delta/\gamma + 1}$$

Donde: E = Evaporación de la superficie de agua libre en mm/día

Δ = Pendiente de la curva de tensión saturada a la temperatura T .

γ = Constante Psicrométrica.

Δ/γ = viene dado en tabla, en función de t .

$R_n = R_N/C_1$ siendo $R_n = R_i (1-r) - R_e$.

C_1 = de tablas

R_N = Radiación neta en cal/ cm². día

R_i = Radiación global incidente $R_i = RA(0.18 + 0.55 n/N)$

R_e = Radiación reflejada en onda larga en cal/ cm² día.

R_a = Radiación teórica de radiación incidente.

$R_e = 1440 \times \sigma \times T_a^4 (0.56 - 0.092 \sqrt{a_d}) (0.1 + 0.9 n/N)$

Siendo:

σ = Constante de Boltzman.

n = Número de horas de insolación medidas en el

Heliógrafo

N = Número máximo de horas de insolación según la latitud y fecha.

e_a = Tensión de vapor de agua en el aire en mm.

$$e_a = \alpha_a \times H_R / 100$$

Siendo: α_a = tensión de vapor saturante a la temperatura del aire.

H_R = Humedad relativa expresada en porcentaje.

y por último $E_A = 0,35 (0,5 + 0,54 V_2) (e_s - e_a)$ mm/día.

V_2 = Velocidad del viento a 2m de altura sobre la superficie vaporante, en m/seg.

Los datos necesarios para la aplicación de la fórmula se obtienen en las estaciones climatológicas completas y son:

DATOS NECESARIOS	SIMBOLO	UNIDAD
LATITUD	λ	Grad. Sex
HORAS DE INSOLACION	n	Hora
TEMPERATURA	t	°C
VELOCIDAD DEL VIENTO A DOS METROS DE ALTURA	V_2	m/seg.
HUMEDAD RELATIVA	H_R	%

Y por último la evapotranspiración potencial mensual será:

$$ETP = f. d. E.$$

Donde : f = coeficiente reductor correspondiente al mes

d = número de días del mes

E = Evaporación de la superficie de agua libre en mm/día.

Como ejemplo de esta fórmula se verá el cálculo de la ETP para el mes de enero de la estación de Cochabamba.

4.6.4.3 Fórmula de Turc.

Utiliza como parámetros únicamente la precipitación anual (P) y la temperatura media anual (t). Su expresión es:

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

Donde: ETR = Evapotranspiración real anual en mm.

P = Precipitación anual en mm.

L = Parámetro Heliotérmico que tiene por expresión: $L = 300 + 25t + 0.05t^3$.

t = Temperatura media anual en °C.

4.6.5 Presentación de resultados.

En las páginas siguientes, se muestran los cálculos y resultados efectuados para hallar la evapotranspiración por los métodos señalados anteriormente.

El gráfico IV - 50 muestra el balance hídrico de las distintas estaciones, calculadas según el método de Thornthwaite.

CALCULO DE LA E Y ETP SEGUN PENMAN (ANALITICO)

ESTACION: COCHABAMBA
MES : ENERO

LATITUD SUD: 17°25'
LONGITUD OESTE 66°10'

DATOS	NOMBRE	VALOR MEDIO
n	HORAS DE INSOLACION	5.2 horas/dia
t	TEMPERATURA DEL AIRE	19.1 °C
V ₂	VELOCIDAD DEL VIENTO	0.65 M/SEG.
H _R	HUMEDAD RELATIVA	59 %

Nº VARIABLE	MODO DE OBTENERLA	CALCULO	RESULTADO
1	R _a TABLA	$\lambda = 17^{\circ}25'$	965 (Cal/cm ² x día)
2	N TABLA	$\lambda = 17^{\circ}25'$	13.1 Hrs.
3	R ₁ R ₁ = R _a (0.18 + 0.55 x n/N)	R ₁ = 965 (0.18 + 0.55 x 5.2/13.1)	384.4 (Cal/cm ² x día)
4	r TABLA	Se supone Superf. de agua libre	0.05
5	R ₁ (1-r) OPERANDO	384.4 (1-0.05)	365.2 (Cal/cm ² x día)
6	e _a TABLA	t = 19.1°C	16.58 mm de Hg
7	e _d e _d = e _a x H _r /100	e _d = 16.58 x 59/100	9.78 mm de Hg.
8	R _o R _o = 1440 x T ³ x T _a (0.56 - 0.092 √e _d) x (0.1 + 0.9 x n/N)	R _o = 1440 x 0.826 x 10 ⁻¹⁰ (273 + 19.1) ³ (0.56 - 0.092 √9.78) (0.1+0.9 x 52/13.1)	107.8 (Cal/cm ² x día)
9	R _n R ₁ (1-r) - R _o	365.2 - 107.8	257.4 (Cal/cm ² x día)
10	C ₁ TABLA	t = 19.1°C	58.6 (Cal/mm/cm ²)
11	R _n R _n /C ₁	257.4/58.6	4.39 mm.
12	E _a E _a = (e _a - e _d) 0.35 (0.5+0.54xV ₂)	E _a = (16.58 - 9.78)0.35 (0.5+0.54 x 0.65)	2.03 mm.
13	Δ/δ' TABLA	t = 19.1 °C	2.04
14	E E = $\frac{\Delta/\delta' \times R_n + E_a}{\Delta/\delta' + 1}$	E = $\frac{2.04 \times 4.39 + 2.03}{2.04 + 1}$	3.61 mm/día
15	f TABLA	ENERO	0.8
16	ETP ETP = f x d x E	ETP = 0.8 x 31 x 3.61	89.5 mm.

CALCULO SEGUN MONOGRAMA (PENMAN)

MES: ENERO

ESTACION: COCHABAMBA

L. S. 17°25'

L. O. 66°10'

DATOS NECESARIOS $t = 19.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ $RA = 965 \text{ cal cm}^2/\text{día (Tabla)}$
 $n = 5.2 \text{ Hora}$ $Hr = 0.59$
 $N = 13.1 \text{ Hora}$ $V_2 = 0.65 \text{ m./seg.}$
 $n/N = 0.4$

$$E = \frac{\Delta / \delta \times R_n + E_a}{\Delta / \delta + 1} = E_1 (t, n/N) + E_2 (t, R, n/N) + E_3 (t, n/N, H_r) + E_4 (t, V_2, H_r)$$

DEL MONOGRAMA: $E_1 = -2.33 \text{ mm/día}$ $E_3 = + 1.20 \text{ mm/día}$
 $E_2 = +4.10 \text{ mm/día}$ $E_4 = + 0.62 \text{ mm/día}$

 $E = -2.33 + 4.10 + 1.20 + 0.62 = 3.59 \text{ mm/día}$
 $ETP = f \times d \times E = 0.8 \times 31 \times 3.59 = 89.0 \text{ mm.}$

El calculo de la ETP por el método gráfico (89.0 mm), no difiere mucho del cálculo analítico (89.5 mm); por lo que el resto de los calculos por el método de Penman, se lo hará en base al monograma.

CALCULO DE LA ETP													S/ PENMAN	
ESTACION: COCHABAMBA													LAT. SUD: 17° 25'	
													LONG. DESTE: 66° 10'	
DATOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO	
t (°C)	19.1	18.0	19.0	18.3	16.2	14.4	14.7	16.4	18.5	20.7	21.2	20.0	18.1	
n (horas)	5.2	6.1	6.5	8.0	9.0	8.9	8.9	8.5	7.8	8.2	7.6	6.2		
N (horas)	13.1	12.7	12.2	11.7	11.3	11.1	11.1	11.5	12.0	12.5	13.0	13.2		
n/N	0.4	0.48	0.53	0.68	0.80	0.80	0.80	0.74	0.65	0.66	0.58	0.47		
Ra (cal/cm ² .dia)	965	932	852	747	644	597	625	707	818	903	953	969		
Hr (%)	0.59	0.61	0.58	0.51	0.44	0.41	0.40	0.41	0.41	0.40	0.43	0.49		
V _z (m/seg)	0.65	0.78	0.74	0.41	0.12	0.12	0.25	0.90	1.30	1.18	1.14	0.82		
E (mm/dia)	3.59	4.19	4.56	3.00	2.69	1.94	2.31	3.06	3.33	4.47	4.12	3.99		
f	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8		
ETP (mm)	89	94	99	63	50	35	43	57	70	70	99	99	895	

ESTACION: SACABA
 PROVINCIA: CHAPARE
 DEPARTAMENTO: COCHABAMBA
 PERIODO: 1968-1982

LATITUD SUD 17°23'
 LONGITUD DESTE 66°04'
 ALTURA 2600 m.s.n.m.
 ALMAC. DE AGUA 100 mm.

BALANCE HIDRICO EN mm.													S/THORNTHWAITE	
DATOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO	
t (°C)	18.0	17.8	18.0	17.7	15.9	14.3	14.9	15.5	17.3	18.8	19.6	18.8	17.2	
ETP	76	66	71	64	53	42	47	52	63	79	85	82	780	
P	125	106	63	19	3	1	5	8	7	13	27	77	454	
(P - ETP)	49	40	-8	-45	-50	-41	-42	-44	-56	-66	-58	-5	-326	
VARIACION RESERVA	49	40	-8	-45	-36	0	0	0	0	0	0	0	0	
RESERVA AGUA UTIL	49	89	81	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ETR	76	66	71	64	39	1	5	8	7	13	27	77	454	
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	0	14	41	42	44	56	66	58	5	326	
EXEDENTE DE AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

SEGUN TURC:

P = 454 mm.

T = 17.2 °C

L = 300 + 25 (17.2) + 0.05 (17.2)² = 984.4

$$ETR = \frac{454}{\sqrt{0.9 + 454^2 / 984.4^2}} = 430.4$$

ETR = 430. mm.

ESTACION: TARATA
 PROVINCIA: ESTEBAN ARCE
 DEPARTAMENTO: COCHABAMBA
 PERIODO: 1968-1982

LATITUD SUD 17°36'
 LONGITUD OESTE 66°02'
 ALTURA 2721 m.s.n.m.
 ALMAC. DE AGUA 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm.					S/THORNTHWAITE							
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
t (°C)	16.9	16.9	17.4	17.0	15.3	12.4	12.6	13.1	15.6	17.8	18.1	17.8	15.9
ETP	74	65	72	64	54	37	40	42	58	77	79	81	743
P	224	183	111	31	7	3	2	7	14	27	69	133	811
(P - ETP)	150	118	39	-33	-47	-34	-38	-35	-44	-50	-10	52	68
VARIACION RESERVA	48			-33	-47	-20						52	
RESERVA AGUA UTIL	100	100	100	67	20	0	0	0	0	0	0	52	
ETR	74	65	72	64	54	23	2	7	14	27	69	81	552
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	0	0	14	38	35	44	50	10	0	191
EXEDENTE DE AGUA	102	118	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	259

SEGUN TURC: P = 811

T = 15.9 °C

L = 300 + 25 (15.9) + 0.05 (15.9)² = 898.5

$$ETR = \frac{811}{\sqrt{0.9 + 811^2 / 8985^2}} = 619.3$$

ETR = 619 mm.

ESTACION: CAPINOTA
 PROVINCIA: CAPINOTA
 DEPARTAMENTO: CDCHABANBA
 PERIODO: 1968-1982

LATITUD SUR: 17°43'
 LONGITUD OESTE: 66°14'
 ALTURA: 2380 m.s.n.m.
 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm.												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t (°C)	20.0	19.7	19.5	18.5	15.5	13.3	13.8	15.6	18.3	20.4	21.3	20.4	18.0
ETP	90	77	80	67	48	34	38	50	68	89	97	94	832
P	116	87	48	21	5	0	1	6	8	11	48	96	447
(P - ETP)	26	10	-32	-46	-43	-34	-37	-44	-60	-78	-49	2	-385
VARIACION RESERVA	26	10	-32	-6								2	
RESERVA AGUA UTIL	28	38	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
ETR	90	77	80	27	5	0	1	6	8	11	48	94	447
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	40	43	34	37	44	60	78	49	0	385
EXEDENTE DE AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SEGUN TURC:

$$P = 447 \text{ mm}$$

$$T = 18.0 \text{ °C}$$

$$L = 300 + 25 (18.0) + 0.05 (18)^2 = 1041.6$$

$$ETR = \frac{447}{\sqrt{0.9 + 447^2 / 1041.6^2}} = 429.3$$

$$ETR = 429 \text{ mm.}$$

ESTACION: TOTORA
 PROVINCIA: CARRASCO
 DEPARTAMENTO: COCHABAMBA
 PERIODO: 1968-1982

LATITUD SUR 17°42'
 LONGITUD OESTE 65°09'
 ALTURA 2800 m.s.n.m.
 ALMAC. DE AGUA 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm.						S/THORNTHWAITE						AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t (°C)	17.1	16.8	16.6	15.9	14.5	12.9	12.3	13.4	15.1	16.9	17.6	17.2	15.5
ETP	77	66	68	59	51	41	39	46	56	72	77	79	731
P	158	143	92	28	5	2	3	11	14	27	58	128	669
(P - ETP)	81	77	24	-31	-46	-39	-36	-35	-42	-45	-19	49	-62
VARIACION RESERVA	51			-31	-46	-23						49	
RESERVA AGUA UTIL	100	100	100	69	23	0	0	0	0	0	0	49	
ETR	77	66	68	59	51	25	3	11	14	27	58	79	538
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	0	0	16	36	35	42	45	19	0	193
EXEDENTE DE AGUA	30	77	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131

SEGUN TURC:

$$P = 669 \text{ mm.}$$

$$T = 15.5 \text{ °C}$$

$$L = 300 + 25 (15.5) + 0.05 (15.5)^2 = 873.7$$

$$ETR = \frac{669}{\sqrt{0.9 + 669^2 / 873.7^2}} = 548.7$$

$$ETR = 549 \text{ mm.}$$

ESTACION: MIZQUE
 PROVINCIA: MIZQUE
 DEPARTAMENTO: COCHABAMBA
 PERIODO: 1968-1982

LATITUD SUD 17°56'
 LONGITUD OESTE 65°19'
 ALTURA 2035 m.s.n.m.
 ALMAC. DE AGUA 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm.												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t (°C)	18.6	18.2	18.1	17.1	14.6	13.2	13.2	14.8	16.5	18.7	19.7	19.3	16.8
ETP	84	71	74	62	47	38	39	49	60	80	88	89	781
P	141	120	77	26	2	1	3	7	14	26	66	102	585
(P - ETP)	57	49	3	-36	-45	-37	-36	-42	-46	-54	-22	13	-196
VARIACION RESERVA	57	30		-36	-45	-19						13	
RESERVA AGUA UTIL	70	100	100	64	19	0	0	0	0	0	0	13	
ETR	84	71	74	62	47	20	3	7	14	26	66	89	563
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	0	0	18	36	42	46	54	22	0	218
EXEDENTE DE AGUA	0	19	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22

SEGUN TURC:

$$P = 585 \text{ mm.}$$

$$T = 16.8 \text{ °C}$$

$$L = 300 + 25 (16.8) + 0.05 (16.8)^2 = 957.1$$

$$ETR = \frac{585}{\sqrt{0.9 + 585^2 / 957.1^2}} = 518.4$$

$$ETR = 518 \text{ mm.}$$

ESTACION:	AIQUILE	LATITUD SUD	18°12'
PROVINCIA:	CAMPERO	LONGITUD OESTE	65°16'
DEPARTAMENTO:	COCHABAMBA	ALTURA	2250 m.
PERIODO:	1968-1982	ALMAC. DE AGUA	100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm.												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t (°C)	20.2	20.0	19.9	19.0	17.2	15.9	15.7	17.0	18.4	19.9	20.9	20.6	18.7
ETP	91	78	81	68	56	46	47	56	66	83	92	94	858
P	117	117	65	20	3	1	1	9	20	28	54	81	516
(P - ETP)	26	39	-16	-48	-53	-45	-46	-47	-46	-55	-38	-13	-342
VARIACION RESERVA	26	39	-16	-48	-1								
RESERVA AGUA UTIL	26	65	49	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
ETR	91	78	81	68	4	1	1	9	20	28	54	81	516
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	0	52	45	46	47	46	55	38	13	342
EXEDENTE DE AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SEGUN TURC:

$$P = 516 \text{ mm.}$$

$$T = 18.7 \text{ °C}$$

$$L = 300 + 25 (18.7) + 0.05 (18.7)^3 = 1094.5$$

$$ETR = \frac{516}{\sqrt{0.9 + 516^2 / 1094.5^2}} = 487.1$$

$$ETR = 487 \text{ mm.}$$

ESTACION: SUCRE
 PROVINCIA: DROPEZA
 DEPARTAMENTO: CHUQUISACA
 PERIODO: 1968-1982

LATITUD SUR 19°03'
 LONGITUD OESTE 65°13'
 ALTURA 2903 m.
 ALMAC. DE AGUA 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm.						S/THORNTHWAITE						AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t (°C)	16.6	16.2	16.3	15.4	14.2	12.7	12.7	13.7	15.1	16.7	17.2	16.9	15.3
ETP	75	64	67	57	50	40	42	49	57	72	76	77	726
P	149	123	109	28	7	2	5	15	24	53	56	115	686
(P - ETP)	74	59	42	-29	-43	-38	-37	-34	-33	-19	-20	38	-40
VARIACION RESERVA	62			-29	-43	-28						38	
RESERVA AGUA UTIL	100	100	100	71	28	0	0	0	0	0		38	
ETR	75	64	67	57	50	30	5	15	24	53	56	77	573
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	0	0	10	37	34	33	19	20	0	153
EXEDENTE DE AGUA	12	59	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113

DATOS	CALCULO DE LA ETP						S/PENMAN						AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t (°C)	16.6	16.2	16.3	15.4	14.2	12.7	12.7	13.7	15.1	16.7	17.2	16.9	15.3
n (hr.)	5.8	6.1	6.2	7.1	9.3	8.7	8.9	8.9	8.4	7.8	7.7	6.5	
N (hr.)	13.2	12.8	12.2	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	12.0	12.5	13.2	13.3	
n/N	0.44	0.48	0.51	0.61	0.83	0.80	0.81	0.78	0.70	0.62	0.58	0.49	
Ra (cal/cm² día)	974	932	844	732	626	578	608	693	808	900	959	980	
H _w (%)	0.65	0.67	0.65	0.58	0.44	0.38	0.38	0.41	0.44	0.46	0.51	0.57	
V _z (m/seg.)	2.45	2.04	2.45	2.45	2.04	2.04	2.45	2.45	2.86	2.90	2.90	2.45	
E (mm/día)	5.18	3.59	3.60	3.35	3.02	2.65	2.97	3.56	4.35	4.74	5.10	4.47	
f	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	
ETP (mm)	129	80	78	70	56	48	55	66	91	103	122	111	1009

SEGUN TURC: P = 686 mm.

T = 15.3 °C

$$L = 300 + 25 (15.3) + 0.05 (15.3)^2 = 861.6$$

$$ETR = \frac{686}{\sqrt{0.9 + 686^2 / 861.6^2}} = 553.9$$

ETR = 554 mm.

ESTACION: PADILLA LATITUD SUR: 19°,18'
 PROVINCIA: TOMINA LATITUD OESTE: 64°,18'
 DEPARTAMENTO: CHUQUISACA ALTURA: 2102 m.
 PERIODO: 1968 - 1982 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

BALANCE HIDRICO EN mm						S/THORNTHWAITE							
DATOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
t°C	19.4	19.0	18.7	18.2	16.2	15.1	15.2	15.7	16.8	18.0	18.5	19.5	17.5
ETP	88	74	76	67	54	45	47	52	60	73	77	88	801
P	122	121	84	46	9	3	2	12	31	44	53	102	629
(P-RTP)	34	47	8	-21	-45	-42	-45	-40	-29	-29	-24	14	-172
VARIAC. RESERV. RESERV.	34	47	5	-21	-45	-34						14	
AGUA UTIL	48	95	100	79	34	0	0	0	0	0	0	14	
ETR	88	74	76	67	54	37	2	12	31	44	53	88	626
DEFICIT AGUA	0	0	0	0	0	8	45	40	29	29	24	0	175
EXCEDENTE AGUA	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

CALCULO DE LA ETP						S/PENMAN							
DATOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
t°C	19.4	19.0	18.7	18.2	16.2	15.1	15.2	15.7	16.8	18.0	18.5	19.5	17.5
n (hr)	5.2	5.1	5.3	5.6	6.7	6.8	6.7	7.1	6.7	6.3	5.5	5.4	
N (hr)	13.2	12.8	12.2	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	12.0	12.5	13.2	13.3	
n/N	0.39	0.40	0.43	0.48	0.60	0.62	0.61	0.62	0.56	0.50	0.42	0.41	
Ra (cal/ cm².día)	975	932	842	728	622	574	604	690	806	899	960	981	
Hr %	0.70	0.73	0.74	0.74	0.66	0.61	0.55	0.56	0.58	0.60	0.62	0.66	
Vz (m/seg)	1.44	1.49	1.44	1.26	0.99	1.39	1.39	1.44	1.85	1.94	1.94	1.85	
E (mm/día)	4.71	4.43	3.15	2.84	1.61	2.05	1.60	3.13	3.55	3.02	3.30	4.03	
f	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	
ETP (mm)	117	99	68	60	30	37	30	58	75	66	79	100	819

SEGUN TURC: P = 629 mm
 T = 17.5°C
 $L = 300 + 25(17.5) + 0.05(17.5)^2 = 1005.5$
 $ETR = \frac{629}{\sqrt{0.9 + 629^2/1005.5^2}} = 553.5$
 ETR = 554 mm.

ESTACION: MONTEAGUDO
 PROVINCIA: HERNANDO SILES
 DEPARTAMENTO: CHUQUISACA
 PERIODO: 1968 - 1982

LATITUD SUR: 19°, 49'
 LATITUD DESTE: 63°, 58'
 ALTURA: 1130 m.
 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t°C	24.6	24.1	23.3	19.2	18.6	16.4	16.3	17.4	19.7	21.9	23.1	24.0	20.7
ETP	129	108	105	62	57	41	42	51	68	94	107	123	987
P	163	150	134	81	31	20	15	12	31	57	97	136	927
(P-ETP)	34	42	29	19	-26	-21	-27	-39	-37	-37	-10	13	-60
VARIAC. RESERV.	34	42	11		-26	-21	-27	-26				13	
RESERV. AGUA UTIL	47	89	100	100	74	53	26	0	0	0	0	13	
ETR	129	108	105	62	57	41	42	38	31	57	97	123	890
DEFICIT AGUA	0	0	0	0	0	0	0	13	37	37	10	0	97
EXCEDENTE AGUA	0	0	18	19	0	0	0	0	0	0	0	0	37

SEGUN TURC: P. = 927

$$T = 20.7 \text{ °C}$$

$$L = 300 + 25(20.7) + 0.05(20.7)^3 = 1261$$

$$ETR = \frac{927}{\sqrt{0.9 + 927^2 / 1261^2}} = 772.4$$

$$ETR = 772 \text{ mm.}$$

ESTACION: CAMIRI
 PROVINCIA: CORDILLERA
 DEPARTAMENTO: SANTA CRUZ
 PERIODO: 1968 - 1982

LATITUD SUR: 20°00'
 LATITUD OESTE: 63°31'
 ALTURA: 810 m.
 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D	
t°C	25.9	25.2	24.3	22.1	19.9	17.9	18.5	20.3	22.9	25.3	26.3	26.5	22.9
ETP	148	120	114	81	61	43	49	66	93	131	147	158	1211
P	186	160	121	83	26	14	8	11	27	32	60	148	876
(P-ETP)	38	40	7	2	-35	-29	-41	-55	-66	-99	-87	-10	-335
VARIAC. RESERV.	38	40	7	2	-35	-29	-23						
RESERV. AGUA UTIL	38	78	85	87	52	23	0	0	0	0	0	0	
ETR	148	120	114	81	61	43	31	11	27	32	60	148	876
DEFICIT AGUA	0	0	0	0	0	0	18	55	66	99	87	10	335
EXCEDENTE													
AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SEGUN TURC: P = 876

T = 22.9 °C

$L = 300 + 25(22.9) + 0.05(22.9)^3 = 1472.9$

$ETR = \frac{876}{\sqrt{0.9 + 876^2 / 1472.9^2}} = 782.4$

ETR = 782 mm.

ESTACION: MAIRANA LATITUD SUR: 18° 07'
 PROVINCIA: FLORIDA LATITUD OESTE: 63° 56'
 DEPARTAMENTO: SANTA CRUZ ALTURA: 1350 m.
 PERIODO: 1968 - 1982 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm												S/THORNTHWAITE											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO											
t°C	22.7	22.3	22.0	20.6	19.0	17.7	17.6	18.7	20.0	21.5	22.3	22.6	20.6											
ETP	108	91	93	74	62	50	52	61	72	91	99	108	961											
P	106	112	91	39	26	15	13	39	24	49	67	107	688											
(P-ETP)	-2	21	-2	-35	-36	-35	-39	-22	-48	-42	-32	-1	-273											
VARIAC. RESERV.		21	-2	-19																				
RESERV. AGUA UTIL		21	19	0																				
ETR	106	91	93	58	26	15	13	39	24	49	67	107	688											
DEFICIT AGUA	2	0	0	16	36	35	39	22	48	42	32	1	273											
EXCEDENTE AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											

SEGUN TURC: P = 688 mm.

T = 20.6 °C

$$L = 300 + 25(20.6) + 0.05(20.6)^2 = 1252.1$$

$$ETR = \frac{688}{\sqrt{0.9 + 688^2/1252^2}} = 627.6$$

ETR = 628 mm.

ESTACION: SANTA CRUZ LATITUD SUR: 17° 47'
 PROVINCIA: ANDRES IBANEZ LATITUD OESTE: 63° 10'
 DEPARTAMENTO: SANTA CRUZ ALTURA: 416 m.
 PERIODO: 1968 - 1982 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t°C	26.6	26.4	26.1	24.6	22.4	20.5	20.9	22.6	24.7	26.1	26.8	26.5	24.5
ETP	157	134	138	106	79	57	63	83	110	142	154	157	1380
P	163	138	97	99	94	69	34	62	70	103	144	169	1242
(P-ETP)	6	4	-41	-7	15	12	-29	-21	-40	-39	-10	12	-138
VARIAC RESERV:	6	4	-22		15	12	-27					12	
RES. AGUA UTIL	18	22	0	0	15	27	0	0	0	0	0	12	
ETR	157	134	119	99	79	57	61	62	70	103	144	157	1242
DEFICIT AGUA	0	0	19	7	0	0	2	21	40	39	10	0	138
EXCEDENTE AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

DATOS	CALCULO DE LA ETP												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t°C	26.6	26.4	26.1	24.6	22.4	20.5	20.9	22.6	24.7	26.1	26.8	26.5	24-5
n (hr)	5.8	6.4	6.6	5.9	5.4	4.2	6.3	6.8	6.0	6.5	6.2	5.2	
N (hr)	13.1	12.7	12.2	11.7	11.3	11.1	11.1	11.5	12.0	12.5	13.0	13.2	
n/N	0.44	0.50	0.54	0.50	0.48	0.38	0.57	0.59	0.50	0.52	0.48	0.39	
Ra _z (cal/ cm ² .dia)	967	932	855	744	640	593	622	704	815	903	955	972	
Hr %	0.76	0.75	0.75	0.73	0.74	0.76	0.71	0.64	0.53	0.65	0.64	0.74	
V _z (m/seg)	4.49	4.08	3.72	3.55	4.20	4.58	4.90	4.62	4.94	4.54	4.49	4.16	
E (mm/dia)	5.5	5.41	5.06	4.12	3.47	4.48	3.78	4.70	5.89	5.87	6.15	5.08	
f	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	
ETP (mm)	136	121	110	87	65	81	70	87	124	127	148	126	1282

SEGUN TURC: P = 1242 mm.

T = 24.5 °C

$$L = 300 + 25(24.5) + 0.05(24.5)^2 = 1647.8$$

$$ETR = \frac{1242}{\sqrt{0.9 + 1242^2/1647.8^2}} = 1025.0$$

ETR = 1025 mm.

ESTACION: GRAL. SAAVEDRA
 PROVINCIA: SANTIESTEBAN
 DEPARTAMENTO: SANTA CRUZ
 PERIODO: 1968 - 1982

LATITUD SUR: 17° 14'
 LATITUD DESTE: 63° 10'
 ALTURA: 320 m.
 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

BALANCE HIDRICO EN mm													S/THÖRNTHWAITE	
DATOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO	
t°C	26.1	26.0	25.8	24.2	22.4	20.4	21.0	22.2	24.2	25.4	25.8	26.1	24.1	
ETP	147	127	132	101	79	57	65	80	103	128	135	147	1301	
P	202	148	107	81	75	53	24	56	73	118	164	184	1285	
(P-ETP)	55	21	-25	-20	-4	-4	-41	-24	-30	-10	29	37	-16	
VARIAC. RESERV.	34		-25	-20	-4	-4	-41	-6			29	37		
RESERV. AGUA UTIL	100	100	75	55	51	47	6	0	0	0	29	66		
ETR	147	127	132	101	79	57	65	62	73	118	135	147	1243	
EXCIT AGUA	0	0	0	0	0	0	0	18	30	10	0	0	58	
EXCEDENTE AGUA	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	

CALCULO DE LA ETP													S/PENMAN	
DATOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO	
t°C	26.1	26.0	25.8	24.2	22.4	20.4	21.0	22.2	24.2	25.4	25.8	26.1	24.1	
n (hr)	5.1	5.5	6.2	6.0	5.0	4.6	6.4	7.0	6.3	6.5	6.4	5.5		
N (hr)	13.1	12.7	12.2	11.7	11.3	11.1	11.1	11.5	12.0	12.5	13.0	13.2		
n/N (hr)	0.39	0.43	0.51	0.51	0.44	0.41	0.58	0.61	0.53	0.52	0.49	0.42		
Ra (cal/ cm².día)	963	932	852	748	646	599	627	709	819	903	951	967		
Hr %	0.72	0.73	0.71	0.68	0.70	0.71	0.63	0.56	0.54	0.61	0.65	0.72		
Vz (m/seg)	1.81	1.81	1.81	2.12	1.81	2.32	2.70	2.34	2.70	2.25	1.81	1.81		
E (mm/día)	4.45	4.51	4.35	3.87	2.80	2.51	3.30	3.83	4.79	5.06	4.82	5.90		
f	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8		
ETP (mm)	110	101	94	81	52	45	61	71	101	110	116	146	1088	

SEGUN TURC: P = 1285 mm.

T = 24.1°C

$$L = 300 + 25(24.1) + 0.05(24.1)^2 = 1602.4$$

$$ETR = \frac{1285}{\sqrt{0.9 + 1285^2 / 1082.4^2}} = 1034.4$$

ETR = 1034 mm.

ESTACION: COL. SAN JUAN LATITUD SUR: 17° 15'
 PROVINCIA: ICHILD LATITUD DESTE: 63° 50'
 DEPARTAMENTO: SANTA CRUZ ALTURA: 350 m
 PERIODO: 1968 - 1982 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

BALANCE HIDRICO EN mm						S/THORNTHWAITE							
DATOS	E	F	M	A	M	J	J	A	J	D	N	D	AÑO
t°C	26.5	26.1	26.1	24.5	22.6	20.9	21.2	21.9	23.7	25.4	26.1	26.3	24.3
ETP	150	125	133	102	79	60	64	74	94	124	137	146	1288
P	282	247	178	119	147	98	40	89	101	151	163	305	1920
(P-ETP)	132	122	45	17	68	38	-24	15	7	27	26	159	632
VARIAC. RESERV. RES. AGUA							-24	15	7	27	26	25	
UTIL	100	100	100	100	100	100	76	15	22	49	75	100	
ETR	150	125	133	102	79	60	64	74	94	124	137	146	1288
DEFICIT DE AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXCEDENTE AGUA	132	122	45	17	68	38	0	0	0	0	0	134	556

CALCULO DE LA ETP						S/PENMAN							
DATOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D	AÑO
t°C	26.5	26.1	26.1	24.5	22.6	20.9	21.2	21.9	23.7	25.4	26.1	26.3	24.3
n (hr)	5.0	5.2	6.0	5.8	4.9	3.8	5.7	6.7	5.5	6.5	5.9	5.1	
N (hr)	13.1	12.7	12.2	11.7	11.3	11.1	11.1	11.5	12.0	12.5	13.0	13.2	
n/N	0.38	0.41	0.49	0.50	0.43	0.34	0.51	0.58	0.46	0.52	0.45	0.39	
Ra (cal/ cm².día)	963	932	852	748	646	599	627	709	819	903	951	967	
Hr Z	0.81	0.81	0.79	0.78	0.80	0.81	0.77	0.71	0.56	0.70	0.68	0.80	
Vz (m/seg)	0.32	0.37	0.32	0.63	0.59	0.76	0.76	0.45	0.76	0.45	0.76	0.76	
E (mm/día)	3.96	3.92	3.82	3.25	2.36	1.91	2.42	2.95	3.46	4.15	4.35	4.03	
f	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	
ETP (mm)	98	88	83	68	44	34	45	55	73	90	104	100	882

SEGUN TURC: P = 1920 mm.

T = 24,3 °C

L = 300 + 25(24,3) + 0.05(24,3)³ = 1624,9

ETR = $\frac{1920}{\sqrt{0.9 + 1920^2 / 1624.9^2}}$ = 1267.1

ETR = 1267.11

ESTACION: SAN JULIAN
 PROVINCIA: NUFLO DE CHAVEZ
 DEPARTAMENTO: SANTA CRUZ
 PERIODO: 1973 -1982

LATITUD SUR: 16° 48'
 LATITUD OESTE: 62° 40'
 ALTURA: 312 m.
 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm						S/THORNTHWAITE						AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t°C	26.5	26.3	25.9	24.9	22.6	20.1	21.0	22.5	23.8	25.7	25.9	26.4	24.3
ETP	153	131	133	110	81	54	64	82	98	132	136	151	1325
P	200	137	103	72	67	56	20	46	62	69	121	195	1148
(P-ETP)	47	6	-30	-38	-14	2	-44	-36	-36	-63	-15	44	-177
VARIAC. RESER..	47	6	-30	-38	-14	2	-17					44	
RESERV. AGUA UTIL	91	97	67	29	15	17	0	0	0	0	0	44	
ETR	153	131	133	110	81	54	37	46	62	69	121	151	1148
DEFICIT AGUA	0	0	0	0	0	0	27	36	36	63	15	0	177
EXEDENTE AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SEGUN TURC: P = 1148 mm.

T = 24,3 °C.

$L = 300 + 25(24.3) + 0.05(24.3)^3 = 1624.9$

$ETR = \frac{1148}{\sqrt{0.9 + 1148^2/1624.9^2}} = 970.5$

ETR = 971 mm.

ESTACION: SAN JAVIER
 PROVINCIA: NUFLO DE CHAVEZ
 DEPARTAMENTO: SANTA CRUZ
 PERIODO: 1968 - 1982

LATITUD SUR: 16° 20'
 LATITUD OESTE: 62° 38'
 ALTURA: 710 m.
 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm						S/THORNTHWAITE						AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
t°C	24.7	24.5	24.5	23.5	21.8	20.4	20.9	22.2	23.9	24.9	25.2	25.2	23.5
ETP	124	106	112	93	75	59	66	81	100	120	125	131	1192
P	214	181	155	115	60	45	23	51	59	85	152	227	1365
(P-ETP)	90	75	43	22	-15	-14	-43	-30	-41	-35	27	96	175
VARIAC. RESERV.					-15	-14	-43	-28			27	73	
RESERV. AGUA UTIL	100	100	100	100	85	71	28	0	0	0	27	100	
ETR	124	106	112	93	75	59	66	79	59	85	125	131	1114
DEFICIT AGUA	0	0	0	0	0	0	0	2	41	35	0	0	78
EXCEDENTE AGUA	90	75	43	22	0	0	0	0	0	0	0	23	253

SEGUN TURC: P = 1367 mm.

T = 23.5°C

$L = 300 + 25(23.5) + 0.05(23.5)^2 = 1536.4$

$ETR = \frac{1367}{\sqrt{0.9 + 1367^2/1536.4^2}} = 1051.0$

ETR = 1051 mm.

ESTACION: ASCENSION DE GUARAYOS LATITUD SUR: 14° 50'
 PROVINCIA: NUFLO DE CHAVEZ LATITUD OESTE: 62° 32'
 DEPARTAMENTO: SANTA CRUZ ALTURA: 247 m.
 PERIODO: 1970 - 1982 ALMAC. DE AGUA: 100 mm.

DATOS	BALANCE HIDRICO EN mm												S/THORNTHWAITE	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO	
t°C	24.5	24.2	24.0	22.9	21.2	19.5	19.4	20.7	22.5	24.2	24.6	24.7	22.7	
ETP	124	105	110	91	74	57	58	71	88	115	120	127	1140	
P	218	223	160	81	70	44	31	54	53	94	175	201	1404	
(P-ETP)	94	118	50	-10	-4	-13	-27	-17	-35	-21	55	74	264	
VARIAC. RESERV.			-10	-4	-13	-27	-17	-29		55	45			
RESERV. AGUA UTIL	100	100	100	90	86	73	46	29	0	0	55	100		
ETR	124	105	110	91	74	57	58	71	82	94	120	127	1113	
DEFICIT AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	6	21	0	0	27	
EXCEDENTE AGUA	94	118	50	0	0	0	0	0	0	0	0	29	291	

SEGUN TURC: P = 1404 mm.

T = 22.7°C

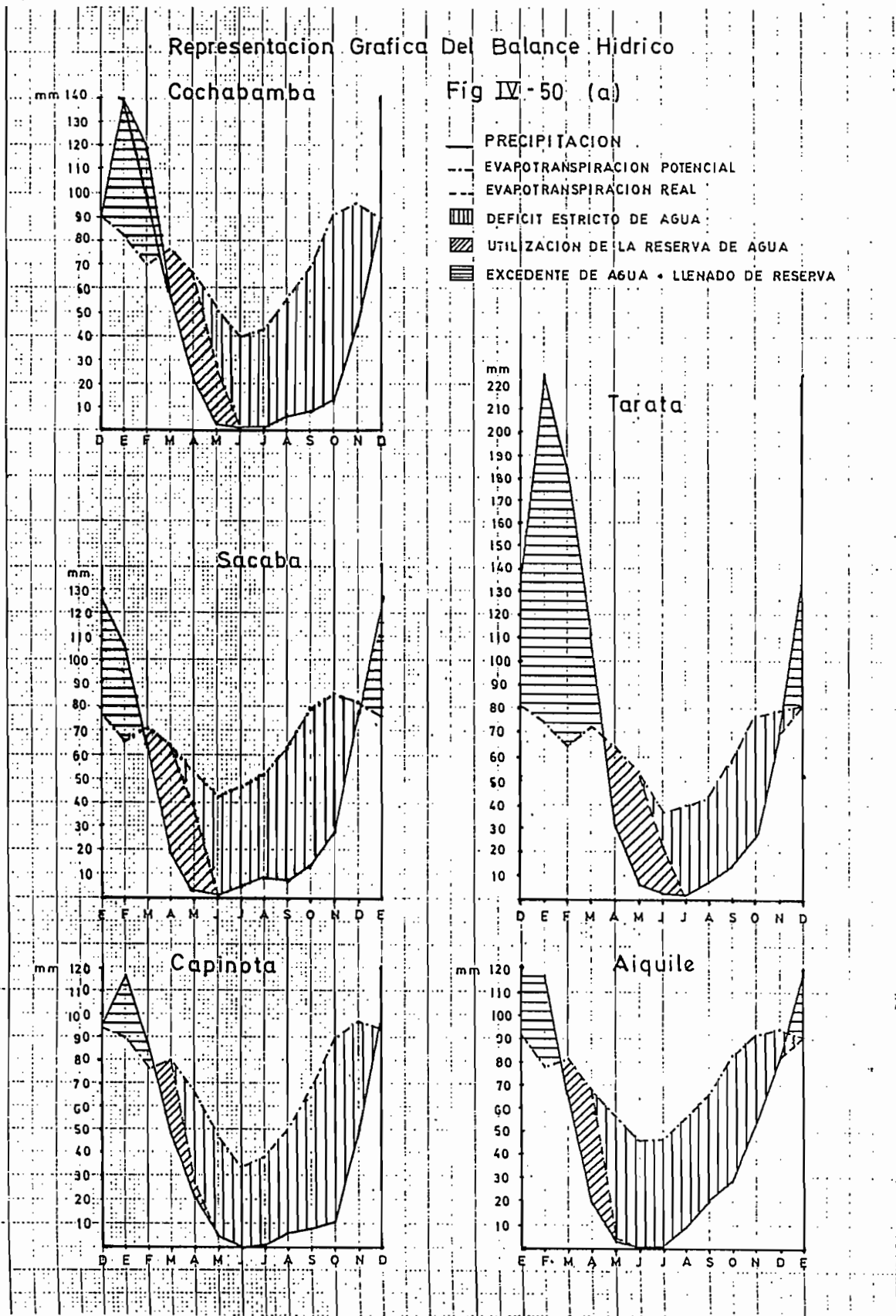
$L = 300 + 25(22.7) + 0.05(22.7)^3 = 1452.4$

$ETR = \frac{1404}{\sqrt{0.9 + 1404^2 / 1452.1^2}} = 1036.6$

ETR = 1037 mm.

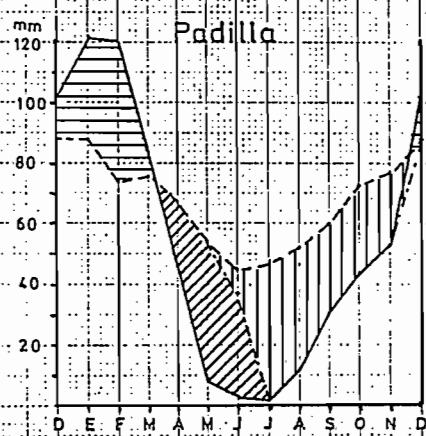
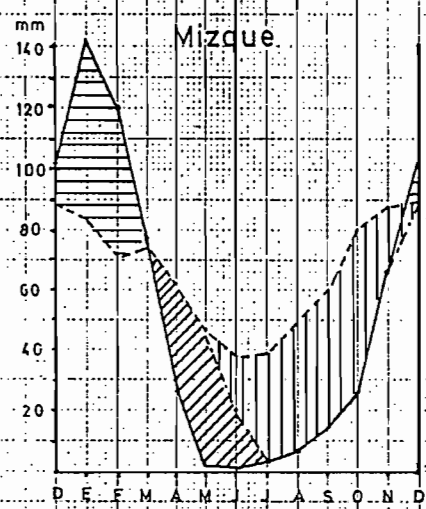
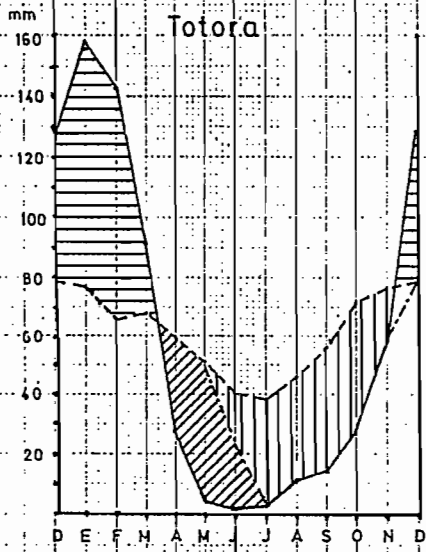
Representacion Grafica Del Balance Hidrico

Fig IV-50 (a)

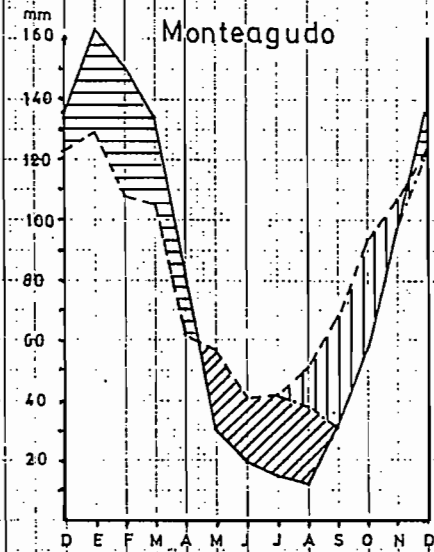
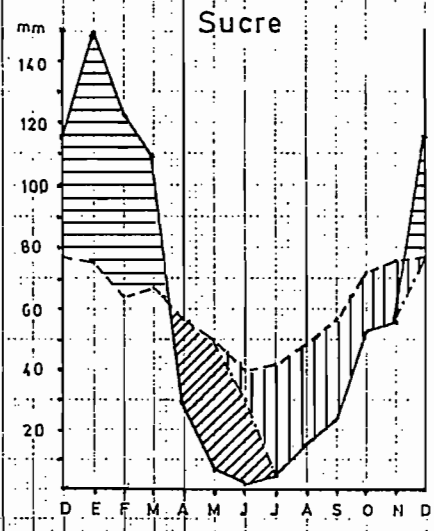


Representación Grafica Del Balance Hidrico

Fig IV -50 (b)

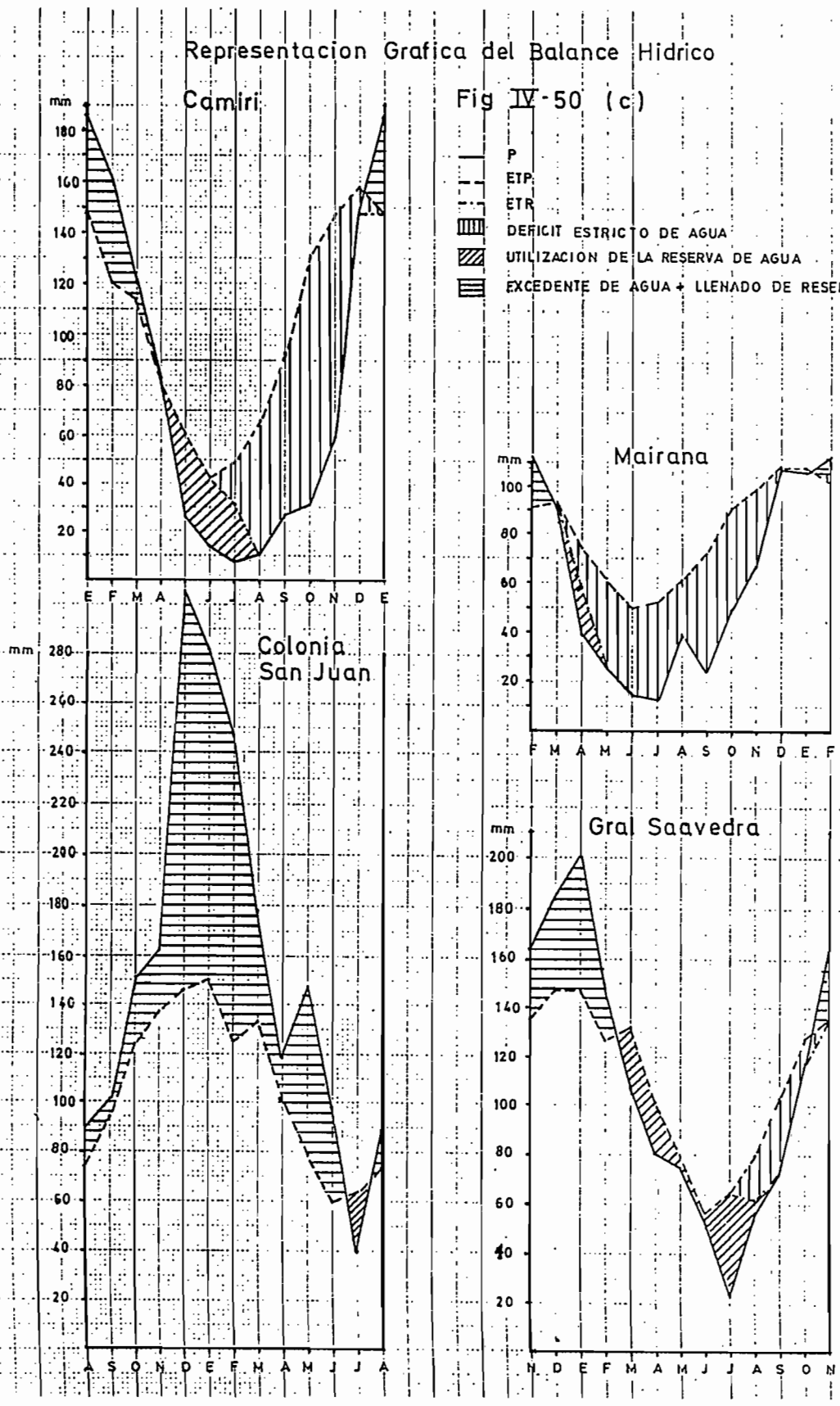


- P
- ETP
- ETR
- DEFICIT ESTRICTO DE AGUA
- UTILIZACION DE LA RESERVA DE AGUA
- EXCEDENTE DE AGUA + LIENADO DE RESERVA



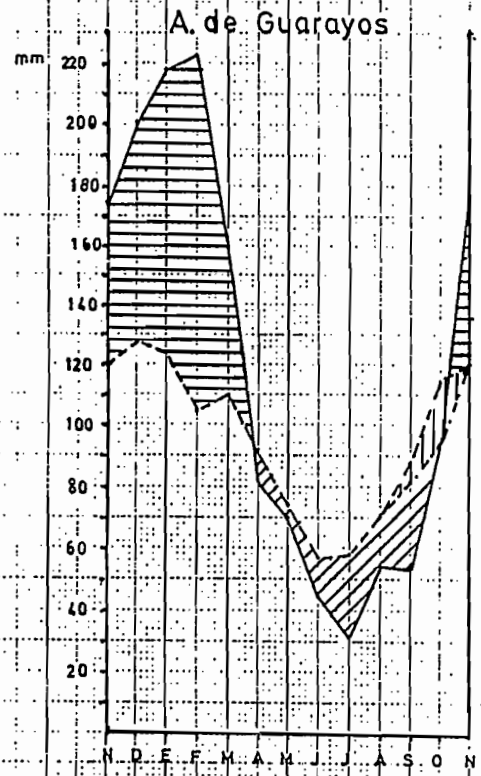
Representacion Grafica del Balance Hidrico

Fig IV-50 (c)

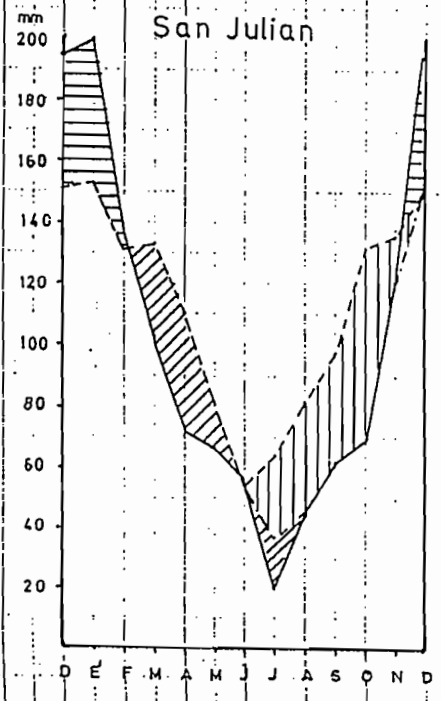
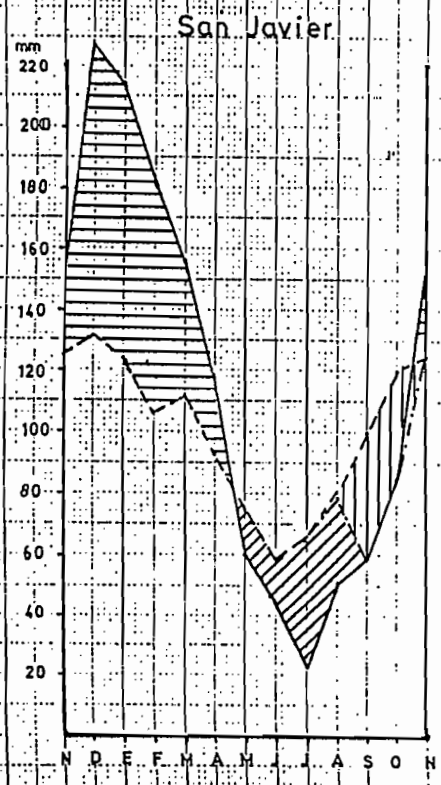
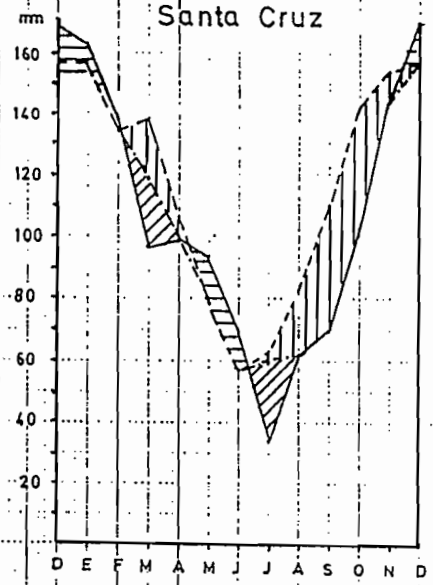


Representación Grafica del Balance Hidrico

Fig IV-50 (d)



- P
- ETP
- ETR
- DEFICIT ESTRICTO DE AGUA
- UTILIZACION DE LA RESERVA DE AGUA
- EXCEDENTE DE AGUA LLENADO DE RESERVA



4.6.6 Comentario a los métodos para el cálculo de evaporación y evapotranspiración.

Las medidas directas, están ligados al carácter microclimático del proceso, y, en consecuencia, es el único medio realmente válido.

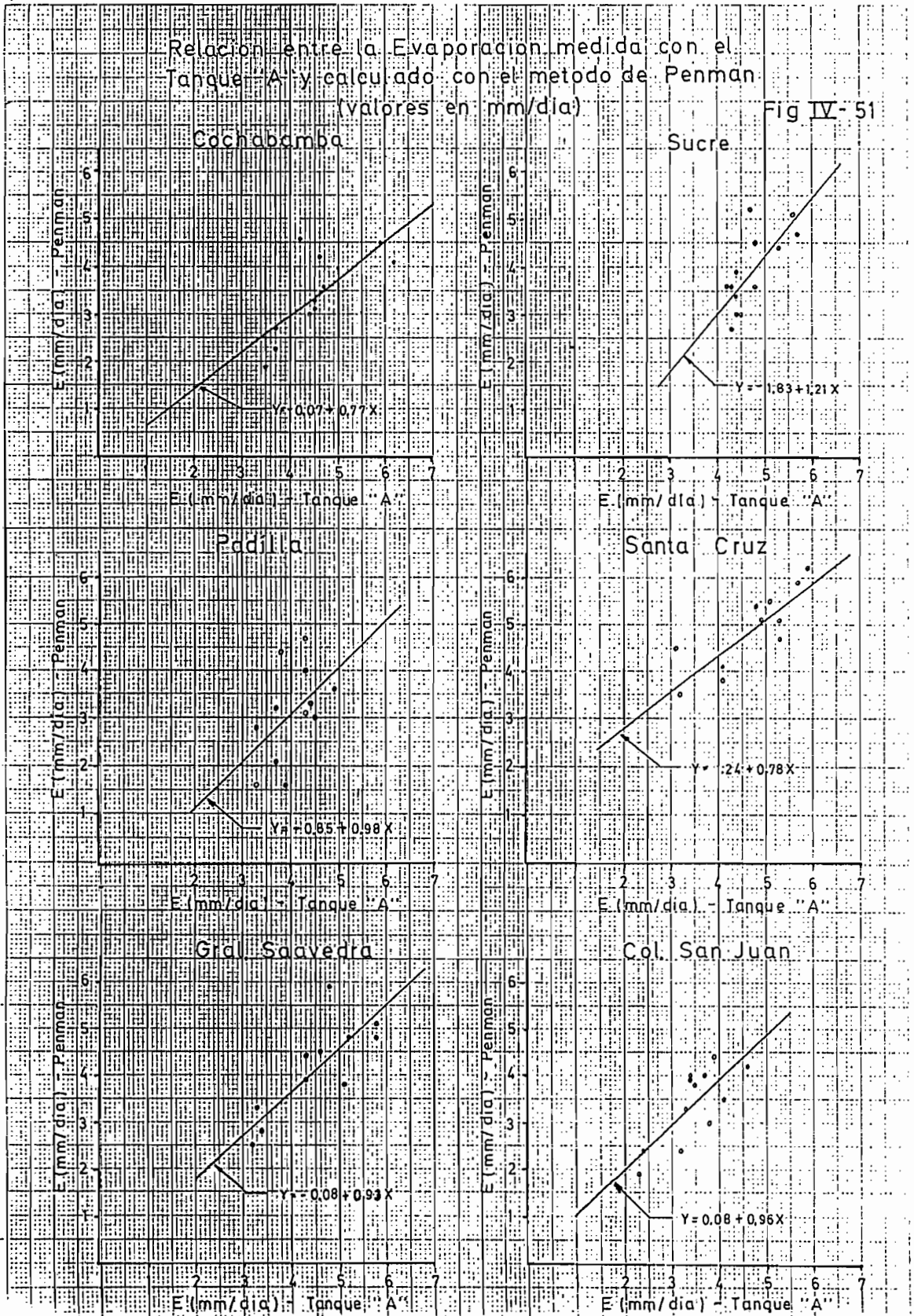
Los métodos empíricos tienen la ventaja de su mayor economía, pues, en general se basan en datos meteorológicos, corrientemente obtenibles en las estaciones meteorológicas, existentes. No obstante los valores que con ellos se obtienen tendrán escasa validez si no están contrastadas con medidas directas. La tabla IV - 26 muestra los valores de la evaporación medida con el tanque tipo "A" y los valores obtenidos con el método de Penman. Para las estaciones de Cochabamba, Sucre, Padilla, Santa cruz, Gral. Saavedra y colonia San Juan (ver también la fig IV - 51 a-f). del cuadro se observa que los resultados que se obtienen con la ecuación de Penman son muy similares a los datos logrados con el tanque tipo "A" para la parte baja de la cuenca.

En la parte alta y media de la cuenca se observa que los valores calculados por Penman son relativamente bajos comparados con el tanque "A".

La tabla IV - 27, muestran los valores de la evapotranspiración potencial, obtenidos con el método de Penman y con el método de Thornthwaite, para las mismas estaciones tomadas anteriormente.

Relacion entre la Evaporacion medida con el Tanque "A" y calculado con el metodo de Penman (valores en mm/dia)

Fig IV- 51



El método de Thornthwaite da resultados elevados para la parte baja de la cuenca, y por el contrario, da resultados bajos para la parte media y alta, comparados con el método de Penman.

La fórmula de Turc ha dado valores más bajos que los calculados por los métodos anteriores.

TABLA IV - 26

PROMEDIO DE EVAPORACION MEDIDO Y CALCULADO
(VALORES EN mm/día)

ESTACION		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	~ AÑO
COCHABAMBA	1	4.7	4.6	4.2	4.4	3.7	3.5	3.7	4.5	4.5	5.9	6.2	5.0	4.6
	2	3.6	4.2	4.6	3.0	2.7	1.9	2.3	3.1	3.3	4.5	4.1	4.0	3.4
SUCRE	1	4.7	4.3	4.2	4.4	4.4	4.3	4.5	4.8	5.3	5.7	5.6	4.8	4.8
	2	5.2	3.6	3.6	3.4	3.0	2.7	3.0	3.6	4.4	4.7	5.1	4.5	3.9
PADILLA	1	4.3	3.8	3.7	3.3	3.3	3.7	3.9	4.3	4.9	4.5	4.4	4.3	4.0
	2	4.7	4.4	3.2	2.8	1.6	2.1	1.6	3.1	3.6	3.0	3.3	4.0	3.1
SANTA CRUZ	1	5.1	4.8	4.9	4.1	3.2	3.1	4.1	5.3	5.7	5.7	5.9	5.3	4.8
	2	5.5	5.4	5.1	4.1	3.5	4.5	3.8	4.7	5.9	5.9	6.2	5.1	5.0
GRAL. SAA- VEDRA	1	4.6	4.6	4.3	4.3	3.4	3.2	4.3	5.1	5.8	5.8	5.2	4.8	4.6
	2	4.5	4.5	4.4	3.9	2.8	2.5	3.3	3.8	4.8	5.1	4.8	5.9	4.2
COL. SAN JUAN	1	3.4	3.4	3.5	3.3	2.4	2.3	3.2	3.8	4.1	4.1	3.9	3.7	3.5
	2	4.0	3.9	3.8	3.3	2.4	1.9	2.4	3.0	3.5	4.2	4.4	4.0	3.4

1 TANQUES TIPO "A"

2 FORMULA DE PENMAN.

En resumen, se puede decir, que la fórmula de Penman en contraste

con las medidas directas da resultados satisfactorios, especialmente, en la parte de los llanos, pero tiene el inconveniente,

TABLA IV - 27

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL CALCULADO CON LOS METODOS DE PENMAN Y THORNTWHAITE
(VALORES EN MM.)

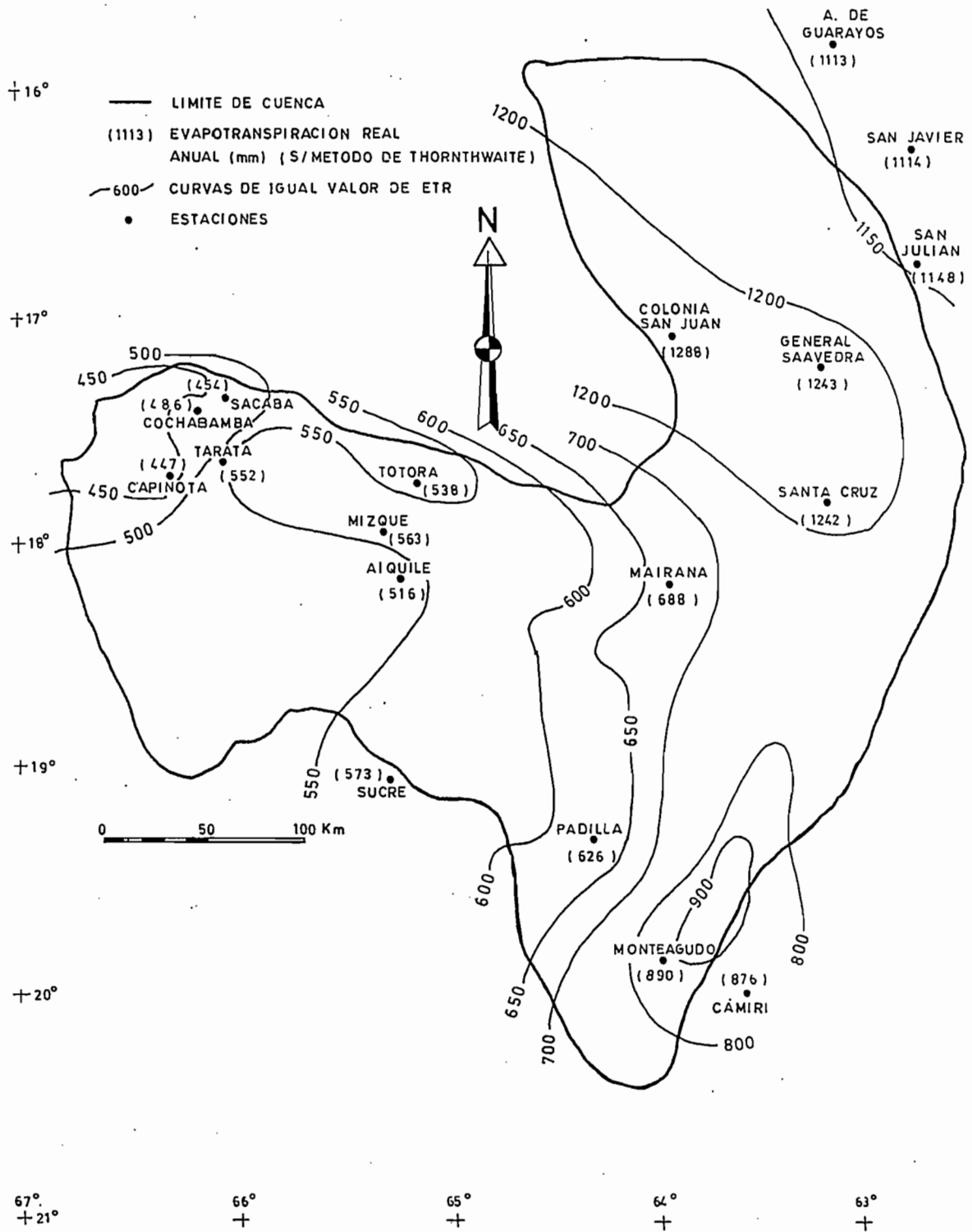
ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ÑO
COCHABAMBA	² 89	94	99	63	50	35	43	57	70	97	99	99	895
	³ 82	70	76	66	52	40	43	55	69	91	96	90	830
SUCRE	² 129	80	78	70	56	48	55	66	91	103	122	111	1009
	³ 75	64	67	57	50	40	42	49	57	72	76	77	726
PADILLA	² 117	99	68	60	30	37	30	58	75	66	79	100	819
	³ 88	74	76	67	54	45	47	52	60	73	77	88	801
SANTA CRUZ	² 136	121	110	87	65	81	70	87	124	127	148	126	1282
	³ 157	134	138	106	79	57	63	83	110	142	154	157	1380
BRAL. SAA- VEDRA	² 110	101	94	81	52	45	61	71	101	110	116	146	1088
	³ 147	127	132	101	79	57	65	80	103	128	135	147	1301
CDL. SAN JUAN	² 98	88	83	68	44	34	45	55	73	90	104	100	882
	³ 150	125	133	102	79	60	64	74	94	124	137	146	1288

2 METODO DE PENMAN

3 METODO DE THORNTWHAITE

de que en la mayor parte de las estaciones climatológicas, no cuentan con todos los datos que requiere su aplicación, por lo que para el estudio se toma en cuenta la fórmula de Thornthwaite, ya que los parámetros utilizados existen en la mayor parte de las

EVAPOTRANSPIRACION REAL ANUAL (mm)



estaciones aunque con la desventaja de que al considerar como principal variable la temperatura, se desvirtúa en cierta medida la realidad, ya que en condiciones similares de temperatura puede ofrecer resultados semejantes en zonas con características climáticas diferentes.

4.7 Climatología.

4.7.1 Clasificación de climas.

La clasificación de climas trae consigo problemas que dificultan su solución, entre ellos uno de los más importantes es la elección de los datos meteorológicos que deben intervenir en la clasificación misma, pues son todos los elementos meteorológicos que actuando en forma combinada determinan el clima; pero, muchos de ellos no se los puede tomar en cuenta para una clasificación climatológica, por que harían aún más complejo el problema y, por otra parte no todos los fenómenos meteorológicos son observados en la totalidad de los observatorios, entonces el problema se reduce en una de sus partes fundamentales a elegir aquellos fenómenos que sean más característicos en la clasificación de climas, o sea que sintetizando, tendríamos dos aspectos importantes a considerar; el primero, cuáles de los fenómenos meteorológicos tienen una acción más directa y son más característicos dentro del clima; y el segundo, elegir aquellos elementos meteorológicos que sean observados en todas las estaciones ó por lo menos en la generalidad de ellas .

Los datos que reúnen las exigencias de los puntos mencionados son sin duda alguna la precipitación (Humedad) y temperatura, por ser los más característicos dentro de un clima y también los más generalmente observados. Para la clasificación, no se consideran los elementos de temperatura y precipitación en sus escalas normales de lectura, sino que, se toman en cuenta índices de humedad, dados por estos dos elementos y los cuales se calculan por medio de ecuaciones matemáticas.

Son varios los poseedores de sistemas de clasificación climatológica, Koppen de Martonne, Thornthwaite, etc.

Tomamos este último (Thornthwaite), para la clasificación del clima en la cuenca, por tener éste, indiscutiblemente, ventajas sobre los otros procedimientos, por que en primer lugar en este sistema, se parte del concepto de la favorabilidad del clima para la vida vegetal y luego para expresar este grado de favorabilidad se hace por medio de un método numérico, tanto en lo concerniente al aspecto térmico (Evapotranspiración), como al de humedad.

Thornthwaite clasifica los climas en base a los valores de precipitación y evapotranspiración y toma en cuenta tres aspectos fundamentales:

- a) Cuando la precipitación es igual a la evapotranspiración potencial y el agua que se dispone es la necesaria, no existe exceso ni déficit de agua, el clima no será ni húmedo, ni seco.

b) Cuando hay exceso de agua, el clima será húmedo.

c) Cuando hay déficit de agua el clima se define como
seco.

Con los valores de evapotranspiración potencial, exceso y déficit de agua, calculadas en páginas anteriores, se puede hallar el Índice Hídrico anual I_m .

$$I_m = \frac{100 S - 60 d}{ETP}$$

Donde: S = Exceso de agua.

d = Déficit de agua.

ETP = Evapotranspiración Potencial.

En base a este índice I_m Thornthwaite establece la clasificación en tipos climáticos, como se ve en los cuadros siguientes.

I REGIONES DE HUMEDAD

SIMBOLO	TIPO CLIMATICO	VEGETACION	INDICE I_m
A	PER HUMEDO	BOSQUE LLUVIOSO	100 - +
B ₄	HUMEDO	BOSQUE	80 - 100
B ₃	HUMEDO	BOSQUE	60 - 80
B ₂	HUMEDO	BOSQUE	40 - 60
B ₁	HUMEDO	BOSQUE	20 - 40
C ₂	SUB-HUMEDO	PASTIZAL	0 - 20
C ₁	SECO SUB-HUMEDO	PRADERA	-20 - 0
D	SEMI ARIDO	ESTEPA	-40 - -20
E	ARIDO	DESIERTO	-60 - -40

II EFICIENCIA TERMICA Y SUS CONCENTRACIONES DE VERANO

EFICIENCIA TERMICA	SIMBOLO	TIPO DE CLIMA	CONCENTRACION DE VERANO (%)	TIPO DE CONCEN. DE VERANO
0 - 14.2 °C	E'	HELAD. PERMAN.		
14.2 - 28.5 °	D'	TUNDRA	76.3 - 88.0 %	d'
28.5 - 42.7 °	C ₂ '	MICRO TERMICA	68.0 - 76.3 %	c'
42.7 - 57.0 °	C ₁ '	MICRO TERMICA	61.6 - 68.0 %	b ₁ '
57.0 - 71.2 °	B ₁ '	MESO TERMICA	56.3 - 61.6 %	b ₂ '
71.2 - 85.5 °	B ₂ '	MESO TERMICA	51.9 - 56.3 %	b ₃ '
85.5 - 99.7 °	B ₃ '	MESO TERMICA	48.8 - 51.9 %	b ₄ '
99.7 - 114.0 °	B ₄ '	MESO TERMICA	0 - 48.0 %	a'
> 114.0 °	A'	MEGA TERMICA		

Con el fin de definir las variaciones estacionales de humedad (para la subclasificación) Thornthwaite considera los índices de humedad y aridez.

$$\text{INDICE DE HUMEDAD} - I_h = 100 S/ETP$$

$$\text{INDICE DE ARIDEZ} - I_a = 100 d/ ETP.$$

Siendo: S = Exceso de agua.

d = Déficit de agua.

ETP = Evapotranspiración potencial.

SUB TIPOS CLIMATICOS DE CLIMAS HUMEDOS (A,B,C₂)
SEGUN EL INDICE DE HUMEDAD I_h

SIMBOLO	SUB TIPO CLIMATICO	I _h
d	POCO O NINGUN EXCESO DE AGUA	0 - 10
s	EXCESO DE AGUA MODERADO EN VERANO	10 - 20
w	EXCESO DE AGUA MODERADO EN INVIERNO	10 - 20
S ₂	GRAN EXCESO DE AGUA EN VERANO	20 - +
W ₂	GRAN EXCESO DE AGUA EN INVIERNO	20 - +

SUB TIPOS CLIMATICOS DE CLIMAS SECOS (C.D.E.)

SEGUN EL INDICE DE ARIDEZ I_a

SIMBOL	SUB TIPO CLIMATICO	I _a
r	POCA O NINGUNA DEFICIENCIA DE AGUA	0 - 16.7
s	DEFICIT MODERADO DE AGUA EN VERANO	16.7 - 33.3
w	DEFICIT MODERADO DE AGUA EN INVIERNO	16.7 - 33.3
S ₂	GRAN DEFICIT DE AGUA EN VERANO	33.3 - +
W ₂	GRAN DEFICIT DE AGUA EN INVIERNO	33.3 - +

El clima de una localidad se representa, pues, por cuatro símbolos. Por ejemplo:

D A' d a'

Significa: Clima semiárido (D), megatérmico (A'), sin exceso de agua (d) y la evapotranspiración en verano menor de 48% (a')

4.7.1 Climas en la cuenca.

Como se ha indicado en el acápite anterior se ha adoptado el sistema de clasificación de Thornthwaite, para el estudio de los climas en la cuenca y con el objeto de dar en forma resumida la distribución de los climas, se presenta la tabla VI - 28.

Con el fin de dar una idea gráfica de la distribución de los elementos que intervienen en la clasificación, se preparó las fig. IV - 52a, b y c, donde la figura IV - 52c muestra los tipos climáticos que existen en la región, la fig IV - 52a, indica los regímenes de humedad y la figura IV - 52b indica la eficiencia térmica.

El clima en la parte norte de la zona de estudio, es decir, en la zona de los llanos se clasifica como clima húmedo(B), megatérmico (A), con gran exceso de agua en verano (S_2) y la evapotranspiración en verano menor de 48% del total del año (a'), cuya representación simbólica es $BA'S_2a'$.

Avanzando hacia el sud donde las lluvias son algo más bajas y la evapotranspiración mayor, es decir, la región de Santa Cruz y San Julian, el tipo de clima es seco Sub - Húmedo (C_1), megatérmica (A'), y con poca o ninguna deficiencia de agua (r) y con menos de 48% de evapotranspiración en verano (a'), cuya representación simbólica es $C_1A'r a'$. Este tipo de clima se prolonga más hacia el sud, aunque con una variación en la eficiencia térmica, ya que

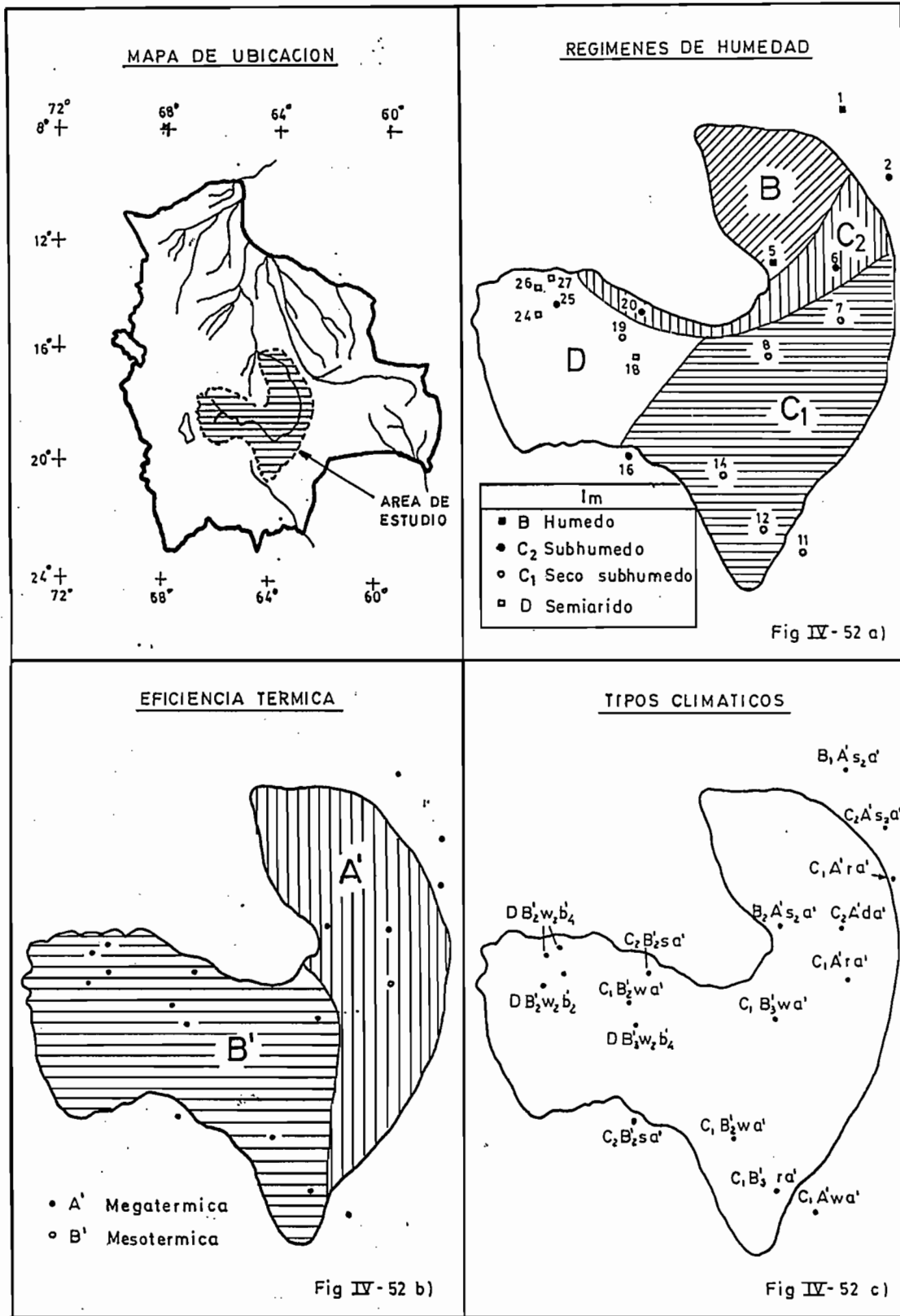
presenta característica mesotérmicas (B'), y déficit moderado de agua en Invierno(W), por lo tanto su representación simbólica es C₁B'Wa'.

Pasando hacia el oeste, es decir, a la parte alta de la cuenca por la zona de Cochabamba, donde disminuyen más las temperaturas y las lluvias, se encuentra un clima DB₂'W₂ b₄' que corresponde a un clima semi árido (D), mesotérmica (B₂'), con gran déficit de agua en invierno (W₂) y con una evapotranspiración en verano de cerca al 50% del total anual (b₄'). En la zona de los llanos las temperaturas mínimas extremas pueden llegar a bajo cero en invierno pero es más característica en la parte alta y parte sud de la cuenca.

Como se ha indicado por la clase de clima, hay una estación seca y una lluviosa, este ritmo es pronunciado en la parte alta y sud y disminuye hacia el norte. Por Ej. Santa Cruz tiene una precipitación desde mayo /septiembre de 295 mm. Monteagudo 109mm y Cochabamba 40 mm.

TABLA IV - 28

Nº DE CODIGO	ESTACION	TEMPERATURA °C	PRECIPITACION mm	ETP mm	EXCESO DE AGUA mm	DEFICIT DE AGUA mm	INDICE DE HUMEDAD In	INDICE DE ARIDEZ Ia	INDICE HIDRICO Ia	TIPO CLIMATICO
1	A.DR. GUARAYOS	22.7	1404	1140	291	27	25.5	2.4	24.1	B ₁ A'S ₂ a'
2	SAN JAVIER	23.5	1367	1192	253	78	21.2	6.5	17.3	C ₂ A'S ₂ a'
3	SAN JULIAN	24.3	1148	1325	0	177	0	13.4	-8.0	C ₁ A'ra'
5	COL. SAN JUAN	24.3	1920	1288	556	0	43.2	0	43.2	B ₂ A'S ₂ a'
6	GRAL. SAAVEDRA	24.1	1285	1301	42	58	3.2	4.5	0.6	C ₂ A'da'
7	SANTA CRUZ	24.5	1242	1380	0	138	0	10.0	-6.0	C ₁ A'ra'
8	MAIRANA	20.6	688	961	0	273	0	28.0	-17.0	C ₁ B ₃ 'Wa'
11	CAMIRI	22.9	876	1211	0	335	0	27.7	-16.6	C ₁ A'Wa'
12	MONTEAGUDO	20.7	927	987	37	97	3.7	9.8	-2.1	C ₁ B ₃ 'ra'
14	PADILLA	17.5	629	801	3	175	0.4	21.8	-12.7	C ₁ B ₂ 'zWa'
16	SUCRE	15.3	686	726	113	153	15.6	21.1	2.9	C ₂ B ₂ 'Sa'
18	AIBUILE	18.7	516	858	0	342	0	39.9	-23.9	DB ₃ 'W ₂ b ₄ '
19	MIZQUE	16.8	585	781	22	218	2.8	27.9	-13.9	C ₁ B ₂ 'Wa'
20	TOTORA	15.5	669	731	131	193	17.9	26.4	2.1	C ₂ B ₂ 'Sa'
24	CAPINOTA	18.0	447	832	0	385	0	46.3	-27.8	DB ₂ 'W ₂ b ₂ '
25	TARATA	15.9	811	743	259	191	34.9	25.7	19.4	C ₂ B ₂ 'S ₂ a'
26	COCHABAMBA	18.1	486	830	0	344	0	41.4	-24.9	DB ₂ 'W ₂ b ₄ '
27	SACABA	17.2	454	780	0	326	0	41.8	-25.1	DB ₂ 'W ₂ b ₄ '



4.7.5 Análisis del clima por comparación con otros autores.

Los sistemas de clasificación más importantes están basados en la temperatura y precipitación (Kopenn) ó en la evapotranspiración y precipitación (Thorntwaite).

Una orientación acerca del clima en la zona puede obtenerse de mapas climáticos que, para Bolivia, varios autores han propuesto. En particular, se recuerdan aquellos mapas climáticos realizados por Trewartha-Robinson y por García Agreda y Viparelli.

Los autores Trewartha-Robinson, para determinar las zonas climáticas, han adoptado como variables principales para caracterizar un clima: la temperatura media ambiente, precipitación y déficit de agua en el terreno.

Los autores han individualizado 4 tipos de climas para Bolivia. En el oriente, procediendo desde el norte hacia el sur, distinguen un clima de tierras altas (H), en el tipo de clima tropical húmedo, marcado con el símbolo Ar (caracterizado por tener de 10 a 12 meses húmedo), un clima tropical húmedo y seco, marcado con el símbolo Aw, (caracterizado por tener el invierno seco), el clima de las tierras altas, marcado con la letra H, está determinado esencialmente por la altura sobre el nivel del mar y un clima seco-semiárido, marcado con el símbolo B_w como puede obser-

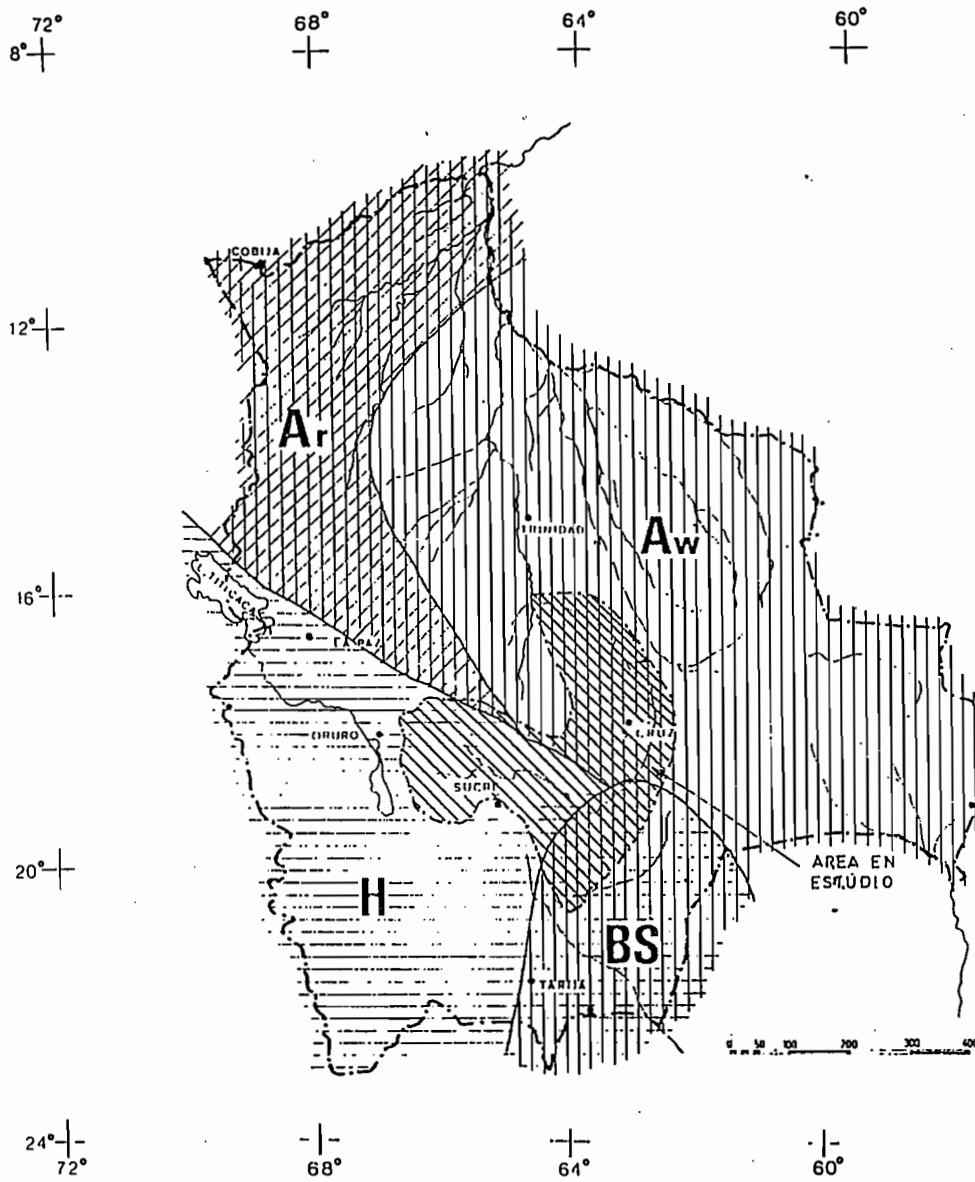


Fig IV-53

Mapa climático del Trewartha - Robinson.

vase en la figura IV - 53, el área en estudio recae en el tipo de clima de tierras altas (H), en el tipo de clima tropical húmedo y seco (A_w), así como en el tipo de clima denominado semiárido (B_w).

En el trabajo realizado por García Agreda y Viparelli sobre "perfil esquemático del clima y de la hidrología en Bolivia", con toda la información meteorológica disponible hasta el año 1972, se ha determinado un índice climático, en base al cual se han delimitado varias zonas climáticas. Las zonas son denominadas en el estudio por I, II a, b y c, III a y b, IV y V, con índices climáticos comprendidos entre +0.27 a - 0.05, +0.07 a - 0.35, -0.13 a - 0.40, -0.35 y -0.53. respectivamente y donde las zonas IIa, IIb y IIc, están caracterizadas por valores dados por la precipitación, que resultan mayores para la zona IIc, intermedios para IIb y menores para la zona IIa, las zonas IIIa y IIIb, que están caracterizadas por tener una pluviosidad diversa, mayor en la zona IIIb y menor en la zona IIIa.

El área de estudio (ver fig. IV - 54), según la nueva clasificación recae en la zona II en su mayor parte y pequeñas porciones en la zona III y IV.

Si se toman en cuenta los valores que va asumiendo el índice hídrico I_m en las varias regiones de la cuenca (véase tabla IV - 29), se llega a una delimitación de las zonas climáticas (ver Fig. IV - 55).

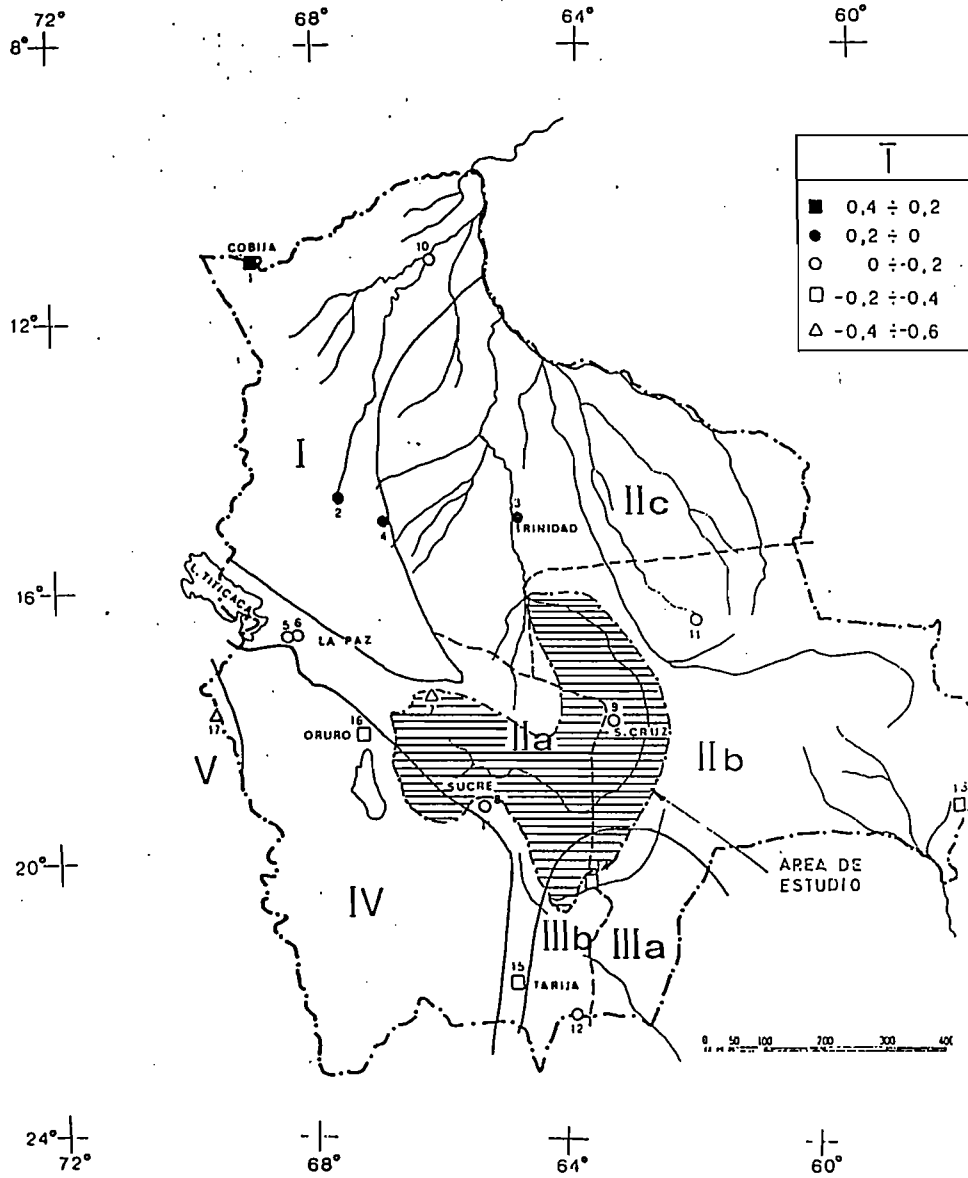


Fig IV - 54

Zonas climaticas segun el indice climatico \bar{T}
 De R. Garcia Agreda - R. Viparelli.

TBLA IV-29

VALORES DEL INDICE HIDRICO I_a

Nº de CODIGO	ESTACION	INDICE HIDRICO I _a	CLASIFICACION DE THORNTHWAITE
1	A. DE GUARAYO	24.1	HUMEDO B ₁
2	AN JAVIER	17.3	SUB HUMEDO C ₂
3	SAN JULIAN	-8.0	SECO SUB HUMEDO C ₁
5	COL. SAN JUAN	43.2	HUMEDO B ₂
6	GRAL. SAAVEDRA	0.6	SUB HUMEDO C ₂
7	SANTA CRUZ	-6.0	SECO SUB HUMEDO C ₁
8	MAIRANA	-17.0	SECO SUB HUMEDO C ₁
11	CAMIRI	-16.6	SECO SUB HUMEDO C ₁
12	MONTEAGUDO	-2.1	SECO SUB HUMEDO C ₁
14	PADILLA	-12.7	SECO SUB HUMEDO C ₁
16	SUCRE	2.9	SUB HUMEDO C ₂
18	AIBUILE	-23.9	SEMI ARIDO D
19	MIZQUE	-13.9	SECO SUB HUMEDO C ₁
20	TOTORA	2.1	SUB HUMEDO C ₂
24	COPINOTA	-27.8	SEMI ARIDO D
25	TARATA	19.4	SUB HUMEDO C ₂
26	COCHABAMBA	-24.9	SEMI ARIDO D
27	SACABA	-25.1	SEMI ARIDO D

Para ver la relación que existe con los otros autores, se comparan las figuras IV - 53 y IV - 54 con la figura IV - 55.

En líneas generales:

- En la zona indicada con el símbolo Aw por Trewartha - Robinson y con el símbolo I_{1b} por García-Viparelli, coincide con la zona B y C₂ de la figura IV - 55.
- La zona indicada con el símbolo B₂ por Trewartha-Robinson y con el símbolo III de García-Viparelli, coincide con la zona C₁ de la figura IV - 55.

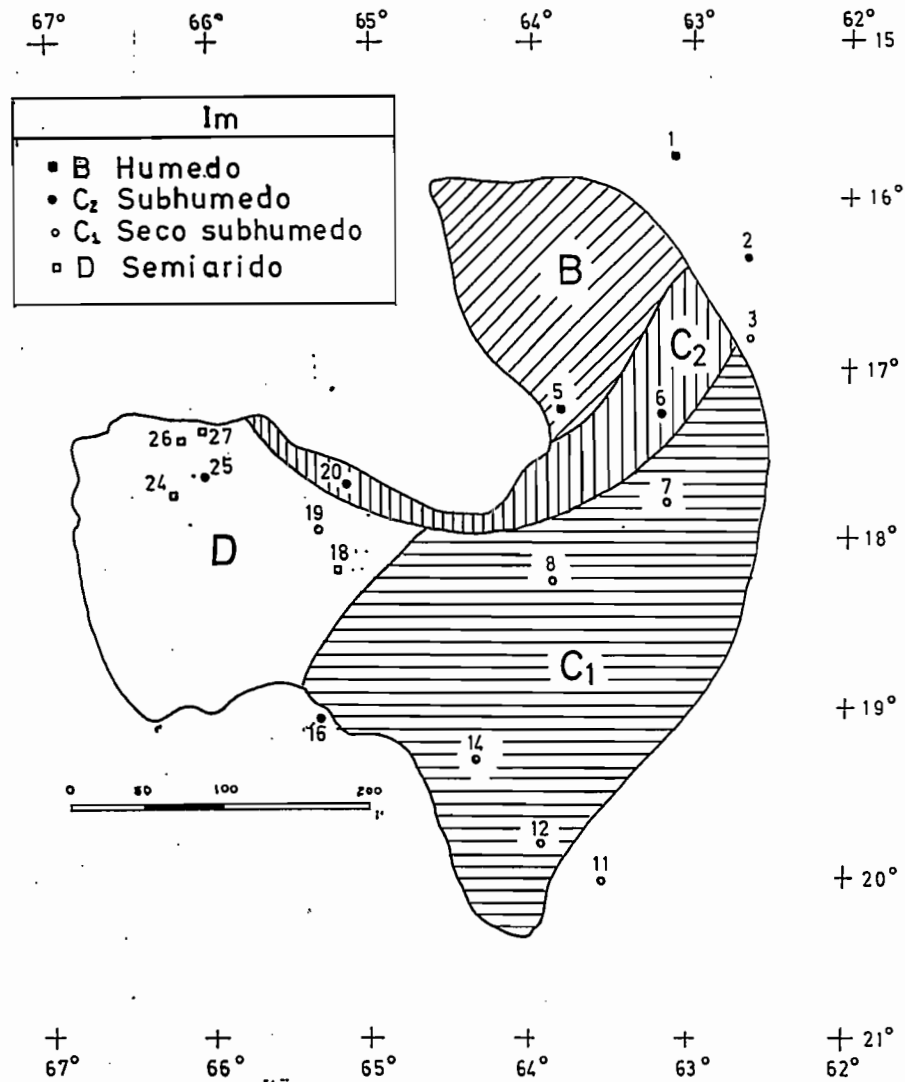


Fig IV- 55

MAPA CLIMATICO DE LA CUENCA DEL RIO GRANDE
 CON VALORES DEL INDICE HIDRICO I_m

- La zona indicada por el símbolo H por Trewartha - Robinson y por IIa y IV por García - Viparelli, coincide con la zona marcada con el símbolo D de la figura IV - 55.

Viendo las figuras IV - 50, donde se representan en forma gráfica el balance hídrico y, de acuerdo con lo que ya fue deducido, los parámetros de precipitación y evapotranspiración se modifican gradualmente con la latitud, tanto a oriente, si se considera la zona de los llanos, como a occidente, si se considera la parte alta de la cuenca. De los diagramas (Fig. IV - 50) y de la figura IV - 55 que indica la ubicación de las estaciones consideradas, se nota que:

- La estación húmeda, abarca en todos los casos el período estival.
- la estación seca más, prolongada en las estaciones de medidas que se encuentran en la zona D (Con clima semiárido) y en la zona C₁ (con clima seco Sub húmedo), que en las restantes, se reduce poco a poco pasando de una estación de medidas a otra, al acercarse a la zona C₂ (clima sub - húmedo) y B₁ (clima húmedo).
- El déficit del agua del terreno, resulta máximo para la zona D, y va disminuyendo poco a poco al pasar de una zona a otra, al acercarse a la zona B (ver gráfico IV - 52 - a) las líneas trazadas en la figura IV - 52 y IV - 55 para definir el límite entre zonas climáticas, tienen tan sólo un carácter indicativo, ya que el pasaje de un clima a otro se realiza gradualmente y en realidad la separación entre una y otra zona climática, más que con líneas, deberán definirse con franjas.

- Por otra parte también hay que tomar en cuenta la variación que sufre el índice hídrico I_m , de acuerdo al período y número de años que se considere para su determinación, esto, por la variación continua de las precipitaciones y de las evapotranspiraciones potenciales que sufren estos parámetros año tras año.

4.7.4 Resumen y conclusiones.

El análisis utilizado para evaluar los parámetros individuales del estudio climatológico y la coordinación de estos componentes en la clasificación del clima, hacen posible conocer las características climatológicas de la región.

En las próximas líneas se describe en forma resumida, algunos conceptos y fenómenos del todo generales que se presentan en la cuenca .

Los factores que influyen en el clima, varían de acuerdo a la cota del terreno, y por lo tanto la descripción de las zonas climáticas, se desarrolla de acuerdo a la altitud que tengan respecto al nivel del mar.

El clima de la zona de los llanos, con 400 a 900 m.s.n.m. es un clima cálido y húmedo y se caracteriza por tener una precipitación anual que varía entre los 1200 mm y 2000 mm. Cabe hacer notar que en la zona se presentan dos tipos de distribución de la humedad, el primero, en el cual no se nota una estación seca

aunque el invierno es de menor humedad y el segundo tipo en el cual se reconoce el invierno seco, la temperatura media anual varía entre 22.5 y 24.5°C, con vegetación exuberante cubierta de árboles y arbustos.

La segunda zona, se extiende hasta los 1800 a 2000 m con temperaturas entre 18 y 22°C y precipitaciones entre 630 y 930 mm. con estación seca en invierno, existe una variedad de plantaciones como ser, maíz, cítricos, café, caña de azúcar, etc.

La tercera zona; la zona entre los 2000 y 3000 m.s.n.m. la temperatura permanece entre 15.5 y 19°C, la precipitación es de 450 a 700 mm. y la estación seca también es en invierno. Existe una variedad de cultivos como ser papa, alfalfa, maíz, hortalizas, frutas, etc. por último, la zona con más de 3000 m.s.n.m., donde la temperatura es menor a 12°C y los cultivos se reducen a la papa, quinua, así mismo las tierras de pastoreo son frecuentes e importantes.

Resumiendo se puede decir que es un clima donde las condiciones atmosféricas cambian marcadamente con la altura, exposición solar, dirección y latitud en la que se encuentran. Sus valles ó planicies encerradas, y las tierras expuestas a la acción del viento, son climáticamente muy diferentes .

La estación húmeda, en toda la cuenca abarca el período estival y la estación seca es en invierno, siendo más prolongada en la

parte alta y se reduce poco a poco al aproximarnos a la región de los llanos.

CAPITULO V
ESTUDIO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS

CAPITULO V

ESTUDIO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS

5.1 Generalidades.

La identificación de eventos extremos meteorológicos, en una cuenca, es importante para el desarrollo de análisis de crecidas, el propósito de este capítulo es mostrar una evaluación estadística de las precipitaciones máximas y un análisis cualitativo del sistema en relación con los otros parámetros climatológicos.

5.2 Estudio Estadístico.

Una vez analizada y confirmada la consistencia y homogeneidad de la información y habiéndose identificado los distintos regímenes pluviales por zonas, se procede al estudio estadístico, el mismo que se lo elabora en base a las estaciones que disponen de información de precipitaciones máximas diarias, y con el criterio de selección anual que consiste en elegir la precipitación máxima en 24 horas de todo el record de información para el período 1968-1982 (ver tabla V-1).

TABLA V-1
 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS
 (Valores en mm.)

ESTACION	AÑO														
	1968	69	1970	71	72	73	74	75	76	77	78	79	1980	81	82
A. DE GUARAYOS	39.2	70.2	54.1	69.2	78.0	71.2	126.2	83.8	74.0	105.5	91.0	105.0	98.0	97.8	83.5
SAN JAVIER	80.0	65.4	68.6	65.8	61.2	60.4	65.2	95.0	127.2	110.2	82.0	60.0	108.6	102.0	152.4
COL. SAN JUAN	-	-	-	-	-	97.0	94.0	88.0	84.2	91.2	90.5	95.7	221.7	273.1	135.7
BRAL. SAAVEDRA	73.7	66.0	38.2	51.0	72.0	89.0	93.0	62.2	108.0	102.9	99.5	153.4	74.2	87.6	91.3
SANTA CRUZ	112.2	77.1	110.5	91.0	144.0	69.0	100.0	161.0	117.0	80.0	102.8	102.6	69.4	156.6	143.0
MAIRANA	67.0	48.0	80.0	66.0	100.0	56.0	66.6	58.0	55.0	49.0	114.0	49.5	55.7	74.5	40.2
CAMIRI	79.0	45.0	58.0	70.0	103.0	128.0	63.4	62.0	74.0	52.0	80.0	60.0	78.0	70.0	80.0
MONTEAGUDO	-	-	-	-	-	117.5	101.7	117.5	93.8	150.2	77.0	60.0	68.0	52.0	75.0
PADILLA	32.8	41.4	46.5	60.8	76.3	44.0	63.0	19.0	60.0	52.7	54.5	38.5	45.2	86.0	41.0
SUCRE	37.1	40.3	26.8	29.5	63.5	53.2	50.5	38.2	27.7	39.7	62.7	60.9	62.3	44.1	47.8
ATEJUIE	40.0	23.0	41.0	56.5	43.0	46.6	25.5	41.5	60.0	54.7	50.7	59.0	32.7	42.5	53.0
MIZQUE	54.0	33.0	38.0	30.0	48.5	20.0	37.0	25.6	69.7	52.2	66.5	91.0	85.4	46.2	43.5
TOTORA	57.4	46.0	44.5	29.5	35.0	37.0	62.0	61.0	29.5	32.6	52.3	46.7	47.6	47.2	28.7
S.P. DE B.V.	-	-	-	-	-	47.1	41.6	50.5	50.1	45.5	30.8	55.0	35.0	78.0	52.0
CAPINOTA	35.0	25.0	30.0	40.0	21.0	28.4	26.0	50.2	19.8	36.0	28.5	42.0	37.8	25.0	28.5
TARATA	37.0	37.0	36.0	27.0	22.0	27.0	36.4	26.5	23.5	36.0	36.0	46.5	30.8	40.7	50.6
COCHABAMBA	46.7	35.1	42.5	24.0	37.1	20.4	28.5	35.3	27.7	44.0	35.6	30.8	26.5	28.8	49.7
SACABA	25.0	25.0	70.0	30.4	38.5	22.0	22.5	25.8	23.5	39.0	38.5	56.0	56.0	64.0	38.0

La misma que para su tratamiento se procede a estudiar en cada caso la ley de la distribución empírica de Weibull y su ajuste con las distintas leyes de distribución teórica, lo que permite escoger la curva de mejor ajuste para máximas.

Este estudio se facilitó enormemente gracias al uso de computadora; el resumen del mismo se tiene en la tabla V-2.

TABLA V-2
ESTADÍSTICAS DE PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS
(Valores en mm.)

PERIODO : 1.968 - 1.982

ESTACION	LEY DE AJUSTE	PARAMETROS				PERIODO DE RETORNO				
		X _M	SI	S	X ₀	2	5	10	20	50
A. DE GUARAYOS	LOG-NORMAL	83.13	0.2465			81	101	114	126	140
SAN JAVIER	NORMAL	86.87	28.12			87	111	123	133	145
COL. SAN JUAN	LOG-NORMAL	127.00	1.720			97	141	206	312	544
GRAL. SAAVEDRA	LOG-NORMAL	84.13	0.2838			81	105	120	134	152
SANTA CRUZ	GUMBEL	109.10		24.52	95.02	104	132	150	168	191
MATRANA	LOG-NORMAL	65.40	0.5366			61	78	91	104	122
CAMIRI	LOG-NORMAL	73.47	0.4053			70	87	99	111	126
MONTEAGUDO	LOG-NORMAL	91.4	0.4782			85	113	133	154	181
PADILLA	NORMAL	50.87	16.88			51	65	73	79	86
SUCRE	NORMAL	45.73	12.91			46	57	62	67	72
AIGUILLE	NORMAL	44.87	11.39			45	54	59	64	68
MIZQUE	LOG-NORMAL	49.47	0.4087			46	65	77	90	106
TODORA	GUMBEL	43.93		9.375	38.63	42	53	60	66	75
S.P. DE B.V.	GUMBEL	48.70		9.789	43.17	47	58	65	72	81
CAPINOTA	LOG-NORMAL	31.60	0.3832			30	38	43	48	54
TARATA	LOG-NORMAL	34.33	0.2297			33	41	45	49	54
COCHABAMBA	LOG-NORMAL	34.33	0.1905			34	41	46	50	54
SACABA	NORMAL	38.4	15.97			38	52	59	65	71

5.2.1 Estudios, Altura Precipitación - Area - Duración

Casi todos los estudios hidrológicos requieren un análisis de tiempo tanto como de la distribución de la lluvia en el área. Básicamente, el análisis del área - precipitación se refiere a determinar la máxima cantidad de precipitación que cubre áreas de diferentes tamaños.

Previa a la elaboración de las curvas, se tomó las siguientes consideraciones.

-La relación entre la precipitación máxima en 24 horas y la precipitación máxima en un día, debe obtenerse del gráfico de los pluviógrafos; pero debido a que no se cuentan con éstos en la mayor parte de las estaciones, se usa el coeficiente 1.20 dado por J.F. LIRIOS.

- Para generar los valores de duración en Horas para diferentes periodos de retorno, primeramente se uso el coeficiente 1.20 para transformar la lluvia en un día (tabla V-2), a lluvia en 24 horas. Luego se uso las relaciones de Lirios P_n/P_{24} para periodos de retorno T, que son:

nº (Hrs.)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.
2	0.160	0.270	0.358	0.430	0.594	0.739
5	0.152	0.261	0.355	0.415	0.584	0.731
10	0.147	0.256	0.345	0.395	0.568	0.719
20	0.143	0.252	0.339	0.383	0.557	0.711

Los resultados para las diferentes estaciones son:

A) ASCENSION DE GUARAYOS

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	15.6	26.2	34.8	41.8	57.7	71.8	97.2
5	18.4	31.6	43.0	50.3	70.8	88.6	121.2
10	20.1	35.0	47.2	54.0	77.7	98.4	136.8
20	21.6	38.1	51.3	57.9	84.2	107.5	151.2

B) SAN JAVIER

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	16.7	28.2	37.4	44.9	62.0	77.2	104.4
5	20.2	34.8	47.3	55.3	77.8	97.4	133.2
10	21.7	37.8	50.9	58.3	83.8	106.1	147.6
20	22.8	40.2	54.1	61.1	88.9	113.5	159.6

C) COLONIA SAN JUAN

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	18.6	31.4	41.7	50.1	69.1	86.0	116.4
5	25.7	44.2	60.1	70.2	98.8	123.7	169.2
10	36.3	63.3	85.3	97.6	140.4	177.7	247.2
20	53.5	94.3	126.9	143.4	108.5	266.2	374.4

D) GENERAL SAAVEDRA

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	15.6	26.2	34.8	41.8	57.7	71.8	97.2
5	19.2	32.9	44.7	52.3	73.6	92.1	126.0
10	21.2	36.9	49.7	56.9	81.8	103.5	144.0
20	23.0	40.5	54.5	61.6	89.6	114.3	160.8

E) SANTA CRUZ

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)								
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.	
2	20.0	33.7	44.7	53.7	74.1	92.2	124.8	
5	24.1	41.3	56.2	65.7	92.5	115.8	158.4	
10	26.5	46.1	62.1	71.1	102.2	129.4	180.0	
20	28.8	50.8	68.3	77.2	112.3	143.3	201.6	

F) MAIRANA

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)								
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.	
2	11.7	19.8	26.2	31.5	43.5	54.1	73.2	
5	14.2	24.4	33.2	38.8	54.7	68.4	93.6	
10	16.1	28.0	37.7	43.1	62.0	78.5	109.2	
20	17.8	31.4	42.3	47.8	69.5	88.7	124.8	

G) CAMIRI

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)								
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.	
2	13.4	22.7	30.1	36.1	49.9	62.1	84.0	
5	15.9	27.2	37.1	43.3	61.0	76.3	104.4	
10	17.5	30.4	41.0	46.9	67.5	85.4	118.8	
20	19.0	33.6	45.2	51.0	74.2	94.7	133.2	

H) MONTEAGUDO

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
T (años)							
2	16.3	27.5	36.5	43.9	60.6	75.4	102.0
5	20.6	35.4	48.1	56.3	79.2	99.1	135.6
10	23.5	40.9	55.1	63.0	90.7	114.8	159.6
20	26.4	46.6	62.6	70.8	102.9	131.4	184.8

I) PADILLA

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
T (años)							
2	9.8	16.5	21.9	26.3	36.4	45.2	61.2
5	11.9	20.4	27.7	32.4	45.6	57.0	78.0
10	12.9	22.4	30.2	34.6	49.8	63.0	87.6
20	13.6	23.9	32.1	36.3	52.8	67.4	94.8

J) SUCRE

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
T (años)							
2	8.8	14.9	19.8	23.9	32.8	40.8	55.2
5	10.4	17.9	24.3	28.4	39.9	50.0	68.4
10	10.9	19.0	25.7	29.4	42.3	53.5	74.4
20	11.5	20.3	27.3	30.8	44.8	57.2	80.4

K) AIBUILE

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	8.6	14.6	19.3	23.2	32.1	39.9	54.0
5	9.8	16.9	23.0	26.9	37.8	47.4	64.8
10	10.4	18.1	24.4	28.0	40.2	50.9	70.8
20	11.0	19.4	26.0	29.4	42.8	54.6	76.8

E) MIZQUE

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	8.8	14.9	19.8	23.9	32.8	40.8	55.2
5	11.9	20.4	27.7	32.4	45.6	57.0	78.0
10	13.6	23.7	31.9	36.5	52.5	66.4	92.4
20	15.4	27.2	36.6	41.4	60.2	76.8	108.0

M) TOTORA

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	8.1	13.6	18.0	21.7	29.9	37.2	50.4
5	9.7	16.6	22.6	26.4	37.1	46.5	63.6
10	10.6	18.4	24.8	28.4	40.9	51.8	72.0
20	11.3	20.0	26.8	30.3	44.1	56.3	79.2

N) SAN PEDRO DE BUENA VISTA .

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	9.0	15.2	20.2	24.3	33.5	41.7	56.4
5	10.6	18.2	24.7	28.9	40.6	50.9	69.6
10	11.5	20.0	26.9	30.8	44.3	56.1	78.0
20	12.4	21.8	29.3	33.1	48.1	61.4	86.4

D) CAPINOTA

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	5.8	9.7	12.9	15.5	21.4	26.6	36.0
5	6.9	11.9	16.2	18.9	26.6	33.3	45.6
10	7.6	13.2	17.8	20.4	29.3	37.1	51.6
20	8.2	14.5	19.5	22.1	32.1	41.0	57.6

P) TARATA

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)							
T (años)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
2	6.3	10.7	14.2	17.0	23.5	29.3	39.6
5	7.5	12.8	17.5	20.4	28.7	36.0	49.2
10	7.9	13.8	18.6	21.3	30.7	38.8	54.0
20	8.4	14.8	19.9	22.5	32.8	41.8	58.8

Q) COCHABAMBA

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
T (años)							
2	6.5	11.0	14.6	17.5	24.2	30.2	40.8
5	7.5	12.8	17.5	20.4	28.7	36.0	49.2
10	8.1	14.1	19.0	21.8	31.4	39.7	55.2
20	8.6	15.1	20.3	23.0	33.4	42.7	60.0

R) SACABA

PRECIPITACION (mm)

Nº (Hrs.)	1/2 H.	1 H.	2 H.	3 H.	6 H.	12 H.	24 H.
T (años)							
2	7.3	12.3	16.3	19.6	27.1	33.7	45.6
5	9.5	16.3	22.2	25.9	36.4	45.6	62.4
10	10.4	18.1	24.4	28.0	40.2	50.9	70.8
20	11.2	19.7	26.4	29.9	43.4	55.5	78.0

El método que se siguió para hallar las curvas de precipitación-área-duración fue el siguiente:

- Se trazan Isoyetas con los valores de precipitación máxima en 24 horas por ejemplo, para un periodo de retorno de 2 años las isoyetas (fig. V-1) se toman como los límites para las áreas individuales. La precipitación promedio dentro de cada isoyeta se calcula ponderando la precipitación entre isoyetas sucesivas por el área de las isoyetas , totalizando estos productos y dividiendo por el área total (tabla V-3a).

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS
PERIODO DE RETORNO : 2 AÑOS

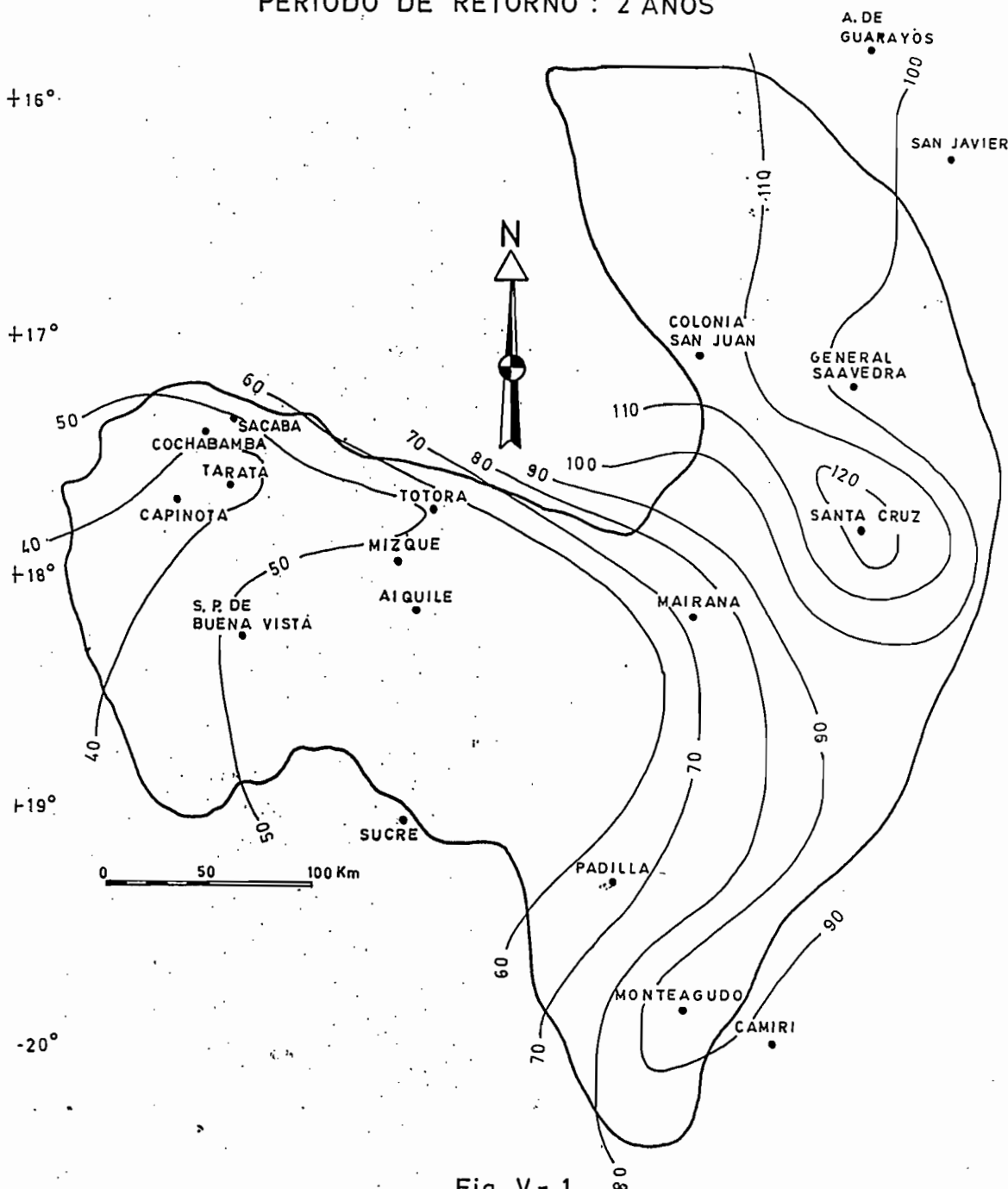


Fig V - 1

7° 66° 65° 64° 63°
T 21° + + + +

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS
 PERIODO DE RETORNO : 5 AÑOS

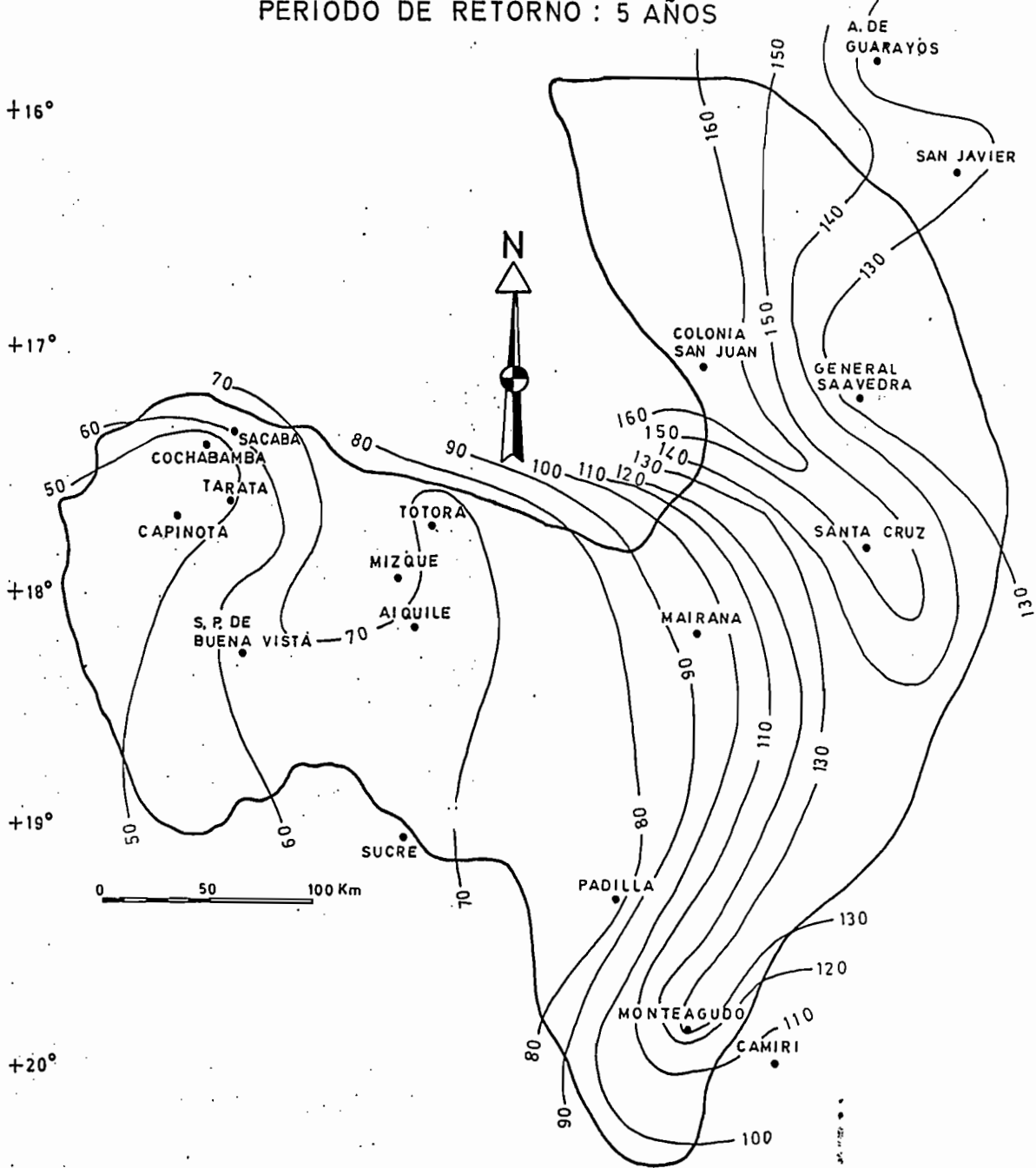


Fig V-2

7°
+21°

66°
+

65°
+

64°
+

63°
+

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS
PERIODO DE RETORNO : 10 AÑOS

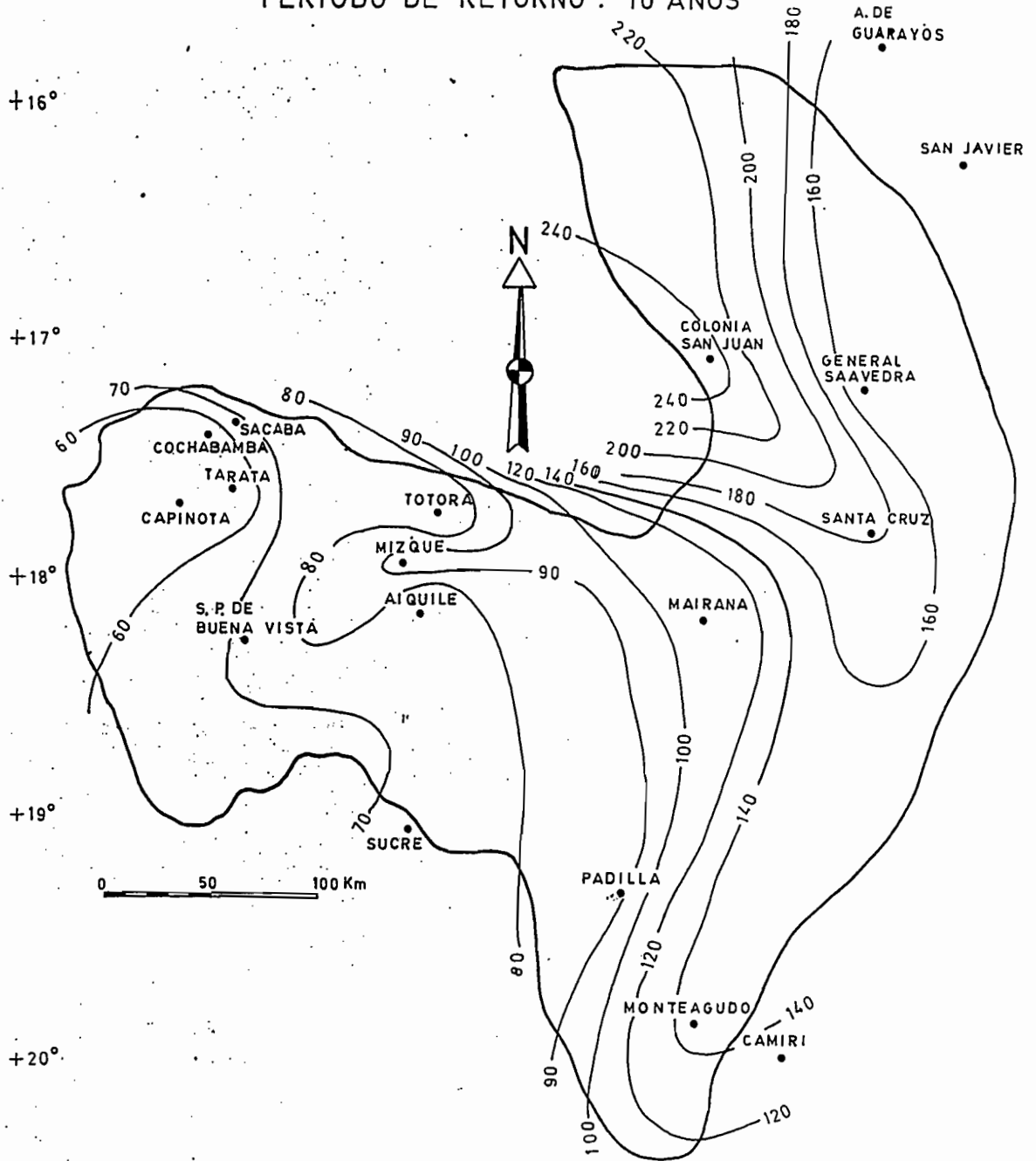


Fig V- 3

67° +21° 66° + 65° + 64° + 63° +

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS
PERIODO DE RETORNO : 20 AÑOS

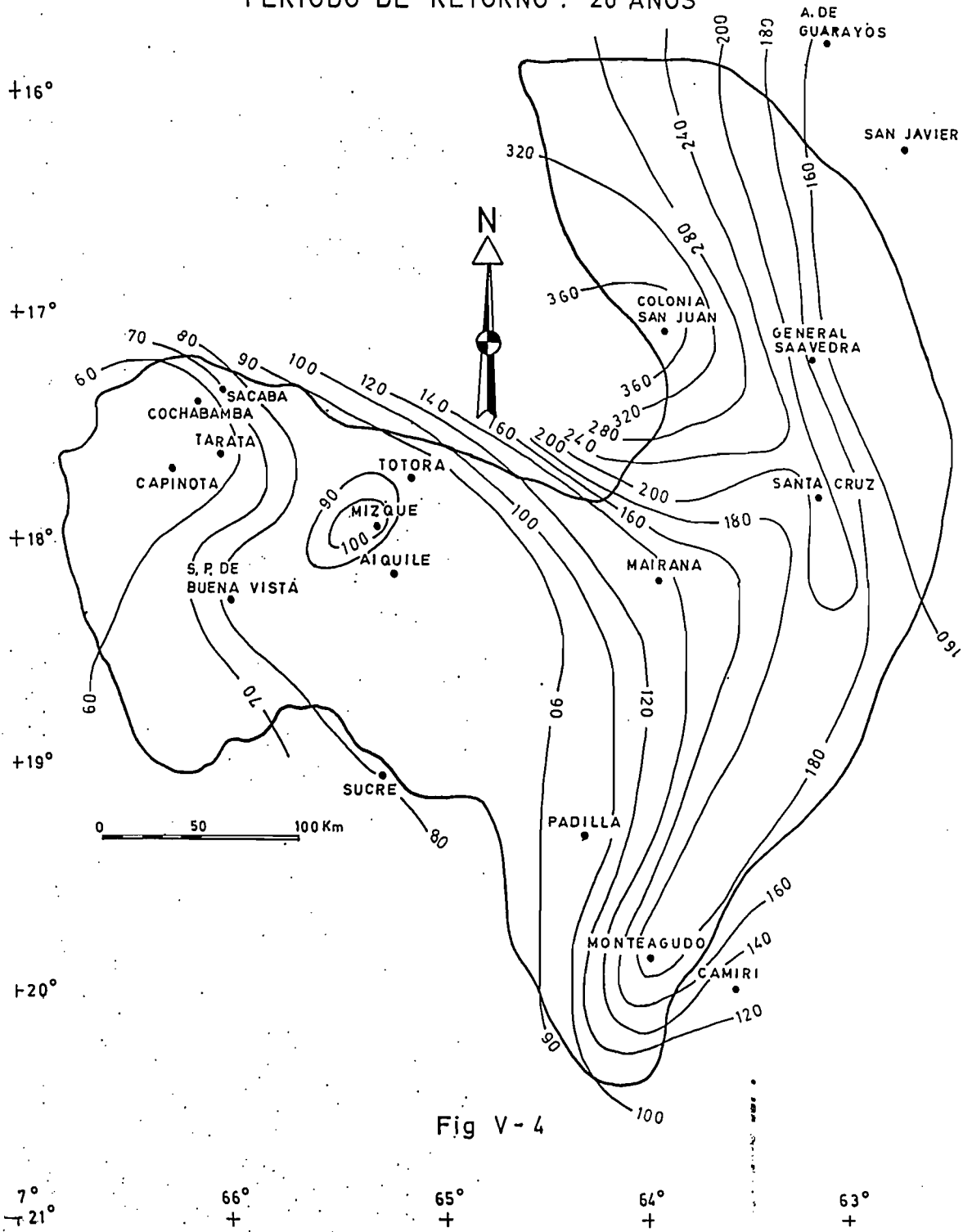


Fig V-4

La tabla V-3b, nos da los valores para duraciones menores, es decir, de 0.5, 1, 2, 3, 6, 12, y 24 horas y con estos máximos se dibujan las curvas. (fig. V-5).

De la misma manera se halló las curvas, para periodos de retorno de 5, 10 y 20 años (figuras V-6,, 7 y 8)

TABLA V-3a
DATOS DE PRECIPITACION - AREA - DURACION
PERIODO DE RETORNO: 2 AÑOS

P_{24}	A	P x A	$\Sigma P \times A$	ΣA	P_{24}
124.8	936	116813	116813	936	124.8
115	16564	1904860	2021673	17500	115.5
105	12515	1314075	3335748	30015	111.1
95	15644	1486180	4821928	45659	105.6
85	8589	730065	5551993	54248	102.3
75	8773	657975	6209968	63021	98.5
65	6748	438620	6648588	69769	95.3
55	27362	1504910	8153498	97131	83.9
45	12761	574245	8727743	109892	79.2
36.0	4908	176688	8904431	114800	77.6

TABLA V-3b

T = 2 AÑOS $P_{0.5}/P_{24}=0.160$ $P_1/P_{24}=0.270$ $P_2/P_{24}=0.358$ $P_3/P_{24}=0.430$ $P_6/P_{24}=0.594$ $P_{12}/P_{24}=0.739$ $P_{24}/P_{24}=1.00$

ΣA (Km ²)	$P_{0.5}$ h.	P_1 h	P_2 h	P_3 h	P_6 h	P_{12} h	P_{24} h
936	20.0	33.7	44.7	53.7	74.1	92.2	124.8
17500	18.5	31.2	41.3	49.7	68.6	85.4	115.1
30015	17.8	30.0	39.8	47.8	66.0	82.1	111.1
45659	16.9	28.5	37.8	45.4	62.7	78.0	105.6
54248	16.4	27.6	36.6	44.0	60.8	75.6	102.3
63021	15.8	26.6	35.3	42.4	58.5	72.8	98.5
69769	15.2	25.7	34.1	41.0	56.6	70.4	95.3
97131	13.4	22.7	30.0	36.1	49.8	62.0	83.9
109892	12.7	21.4	28.4	34.1	47.0	58.5	79.2
114800	12.4	21.0	27.8	33.4	46.1	57.3	77.6

CURVA " PRECIPITACION - AREA - DURACION "
 PERIODO DE RETORNO : 2 AÑOS

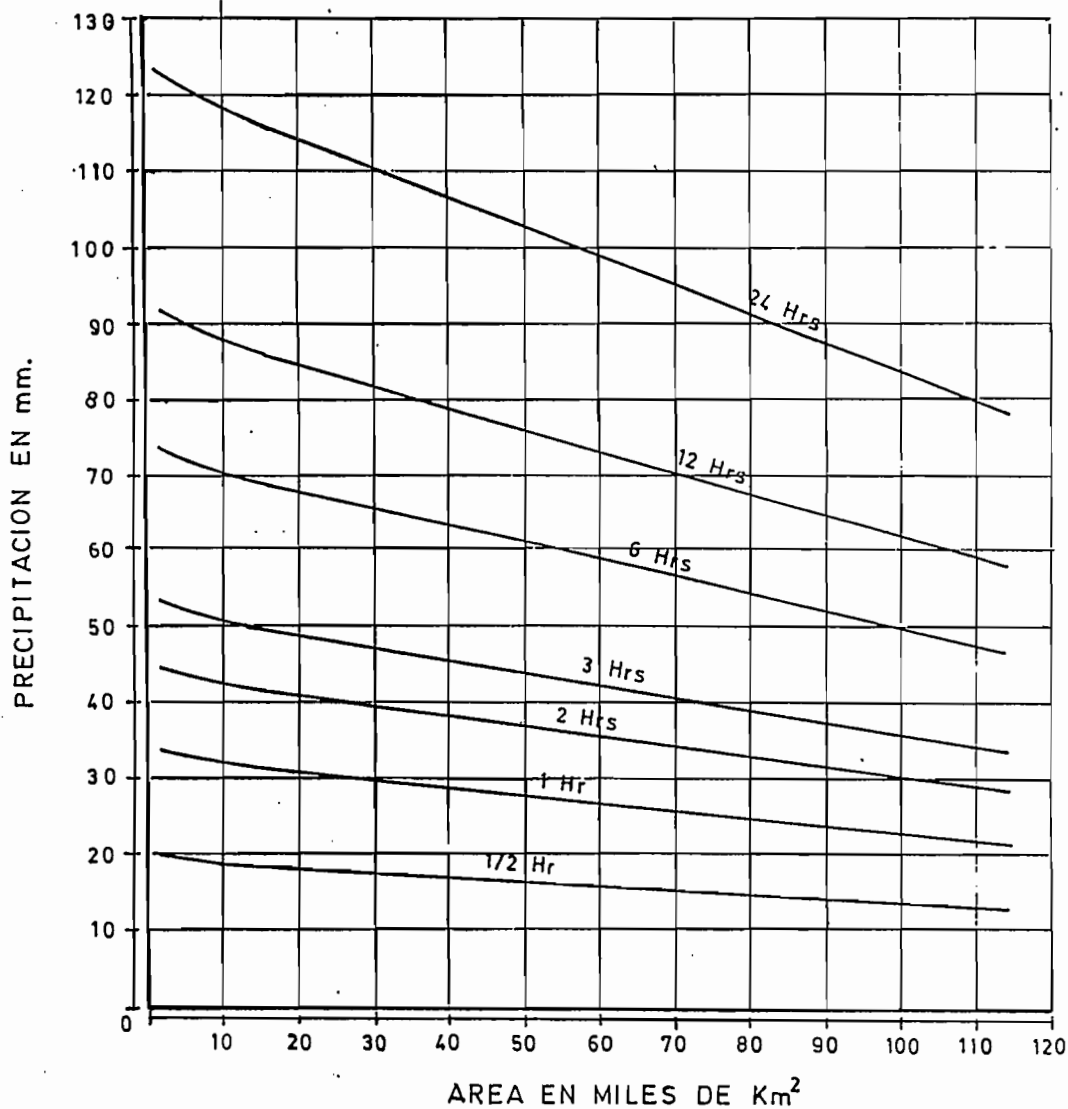


Fig V - 5

TABLA V-4a
 DATOS DE PRECIPITACION - AREA - DURACION
 PERIODO DE RETORNO: 5 AÑOS

P_{24}	A	P x A	$\Sigma P \times A$	ΣA	P_{24}
169.2	7975	1349370	134937	7975	169.2
155	6012	931860	2281230	13987	163.1
145	9264	1343280	3624510	23251	155.9
135	14847	2004345	5628855	38098	147.7
125	4724	590500	6219355	42822	145.2
115	5521	634915	6854270	48343	141.8
105	6380	669900	7524170	54723	137.5
95	6380	606100	8130270	61103	133.1
85	4847	411995	8542265	65950	129.5
75	18282	1371150	9913415	84232	117.7
65	15215	988975	10902390	99447	109.6
55	8957	492635	11395025	108404	105.1
45.6	6396	291658	11686683	114800	101.8

TABLA - 4b

T = 5 AÑOS							
	$P_{0.5}/P_{24}=0.152$	$P_1/P_{24}=0.261$	$P_2/P_{24}=0.355$	$P_3/P_{24}=0.415$	$P_6/P_{24}=0.584$	$P_{12}/P_{24}=0.731$	$P_{24}/P_{24}=1.00$
ΣA (Km ²)	$P_{0.5}$ h.	P_1 h	P_2 h	P_3 h	P_6 h	P_{12} h	P_{24} h
7975	25.7	44.2	60.1	70.2	98.8	123.7	169.2
13987	24.8	42.6	57.9	67.7	95.3	119.2	163.1
23251	23.7	40.7	55.3	64.7	91.0	114.0	155.9
38098	22.5	38.5	52.4	61.3	86.3	108.0	147.7
42822	22.1	37.9	51.5	60.3	84.8	106.1	145.2
48343	21.6	37.0	50.3	58.8	82.8	103.7	141.8
54723	20.9	35.9	48.8	57.1	80.3	100.5	137.5
61103	20.2	34.7	47.3	55.2	77.7	97.3	133.1
65950	19.7	33.8	46.0	53.7	75.6	94.7	129.5
84232	17.9	30.7	41.8	48.8	68.7	86.0	117.7
99447	16.7	28.6	38.9	45.5	64.0	80.1	109.6
108404	16.0	27.4	37.3	43.6	61.4	76.8	105.1
144800	15.5	26.6	36.1	42.2	59.5	74.4	101.8

CURVA "PRECIPITACION - AREA - DURACION"
 PERIODO DE RETORNO : 5 AÑOS

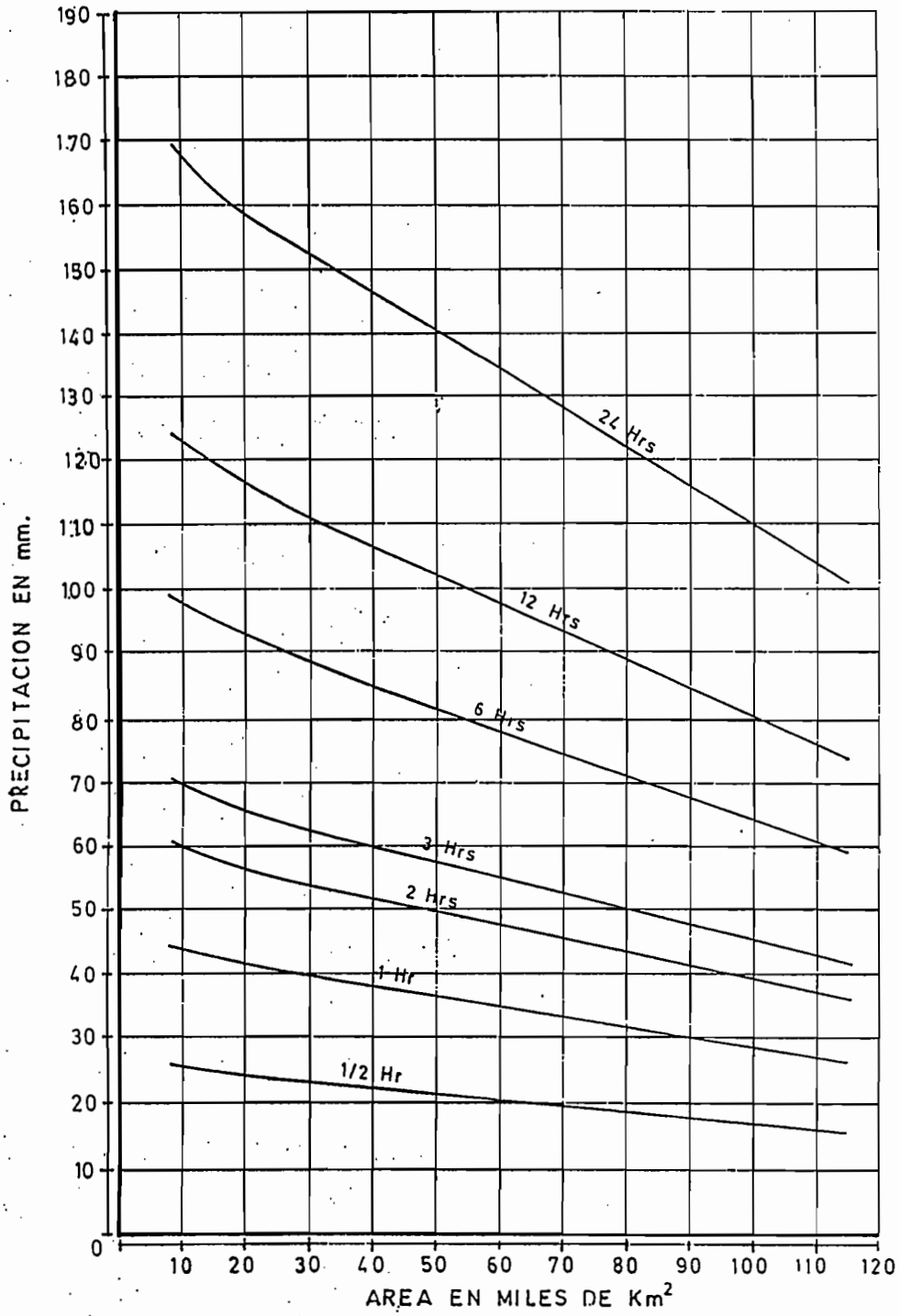


Fig V-6

TABLA V-5a
 DATOS DE PRECIPITACION - AREA - DURACION
 PERIODO DE RETORNO: 10 AÑOS

P_{24}	A	P x A	$\Sigma P x A$	ΣA	\bar{P}_{24}
247.2	2147	530738	530738	2147	247.2
230	7485	1721550	2252288	9632	233.8
210	5706	1198260	3450548	15338	225.0
190	4785	909150	4359698	20123	216.7
170	6748	1147160	5506858	26871	204.9
150	23681	3552150	9059008	50552	179.2
130	6012	781560	9840568	56564	174.0
110	7239	796290	10636858	63803	166.7
95	6074	577030	11213888	69877	160.5
85	13681	1162885	12376773	83558	148.1
75	14356	1076700	13453473	97914	137.4
65	10123	657995	14111468	108037	130.6
51.6	6763	348971	14460439	114800	126.0

TABLA V-5b

T = 10 AÑOS $P_{0.5}/P_{24}=0.147$ $P_1/P_{24}=0.256$ $P_2/P_{24}=0.345$ $P_3/P_{24}=0.395$ $P_6/P_{24}=0.568$ $P_{12}/P_{24}=0.719$ $P_{24}/P_{24}=1.00$

ΣA (Km ²)	$P_{0.5}$ h.	P_1 h	P_2 h	P_3 h	P_6 h	P_{12} h	P_{24} h
2147	36.3	63.3	85.3	97.6	140.4	177.7	247.2
9632	34.4	59.9	80.7	92.4	132.8	168.1	233.8
15338	33.1	57.6	77.6	88.9	127.8	161.8	225.0
20123	31.9	55.5	74.8	85.6	123.1	155.8	216.7
26871	30.1	52.8	70.7	80.9	116.4	147.3	204.9
50552	26.3	45.9	61.8	70.8	101.8	128.8	179.2
56564	25.6	44.5	60.0	68.7	98.8	125.1	174.0
63803	24.5	42.7	57.5	65.8	94.7	119.9	166.7
69877	23.6	41.1	55.4	63.4	91.2	115.4	160.5
83558	21.8	37.9	51.1	58.5	84.1	106.5	148.1
97914	20.2	35.2	47.4	54.3	78.0	98.8	137.4
108037	19.2	33.4	45.1	51.6	74.2	93.9	130.6
114800	18.5	32.3	43.5	49.8	71.6	90.6	126.0

CURVA "PRECIPITACION - AREA - DURACION"
 PERIODO DE RETORNO : 10 AÑOS

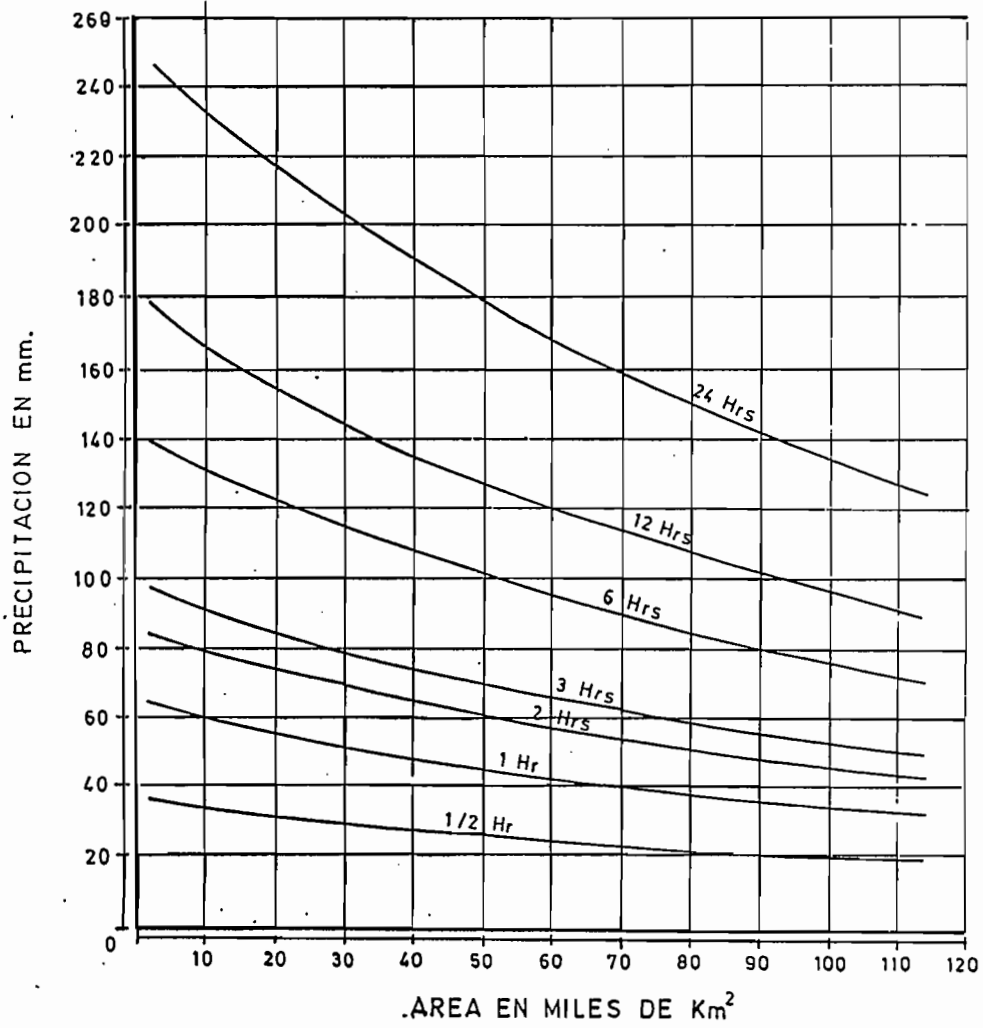


Fig V - 7

TABLA V-6a
 DATOS DE PRECIPITACION - AREA - DURACION
 PERIODO DE RETORNO: 20 AÑOS

P_{x4} (mm)	A (Km ²)	P x A	$\Sigma P x A$	ΣA	\bar{P}_{x4}
374.4	1534	574330	574330	1534	374.4
340	3558	1209720	1784050	5092	350.4
300	4785	1435500	3219550	9877	326.0
260	4847	1260220	4479770	14724	304.2
220	5644	1241680	5721450	20368	280.9
190	14356	2727640	8449090	34724	243.3
170	10920	1856400	10305490	45644	225.8
150	13313	1996950	12302440	58957	208.7
130	5399	701870	13004310	64356	202.1
110	4417	485870	13490180	68773	196.2
95	8160	775200	14265380	76933	185.4
85	21288	1809480	16074860	98221	163.7
75	3067	230025	16304885	101288	161.0
65	6442	418730	16723615	107730	155.2
54.6	7070	386022	17109637	114800	149.0

TABLA V-6b

T = 20 AÑOS $P_{0.5}/P_{x4}=0.143$ $P_1/P_{x4}=0.252$ $P_2/P_{x4}=0.339$ $P_3/P_{x4}=0.383$ $P_6/P_{x4}=0.557$ $P_{12}/P_{x4}=0.711$ $P_{24}/P_{x4}=1.00$

ΣA (Km ²)	$P_{0.5}$ h.	P_1 h	P_2 h	P_3 h	P_6 h	P_{12} h	P_{24} h
1534	53.5	94.3	126.9	143.4	208.5	266.2	374.4
5092	50.1	88.3	118.8	134.2	195.2	249.1	350.4
9877	46.6	82.2	110.5	124.9	181.6	231.8	326.0
14724	43.5	76.7	103.1	116.5	169.4	216.3	304.2
20368	40.2	70.8	95.2	107.6	156.5	199.7	280.9
30724	34.8	61.3	82.5	93.2	135.5	173.0	243.3
45644	32.3	56.9	76.5	86.5	125.8	160.5	225.8
58957	29.8	52.6	70.7	79.9	116.2	148.4	208.7
64356	28.9	50.9	68.5	77.4	112.6	143.7	202.1
68773	28.1	49.4	66.5	75.1	109.3	139.5	196.2
76933	26.5	46.7	62.9	71.0	103.3	131.8	185.4
98221	23.4	41.3	55.5	62.7	91.2	116.4	163.7
101288	23.0	40.6	54.6	61.7	89.7	114.5	161.0
107730	22.2	39.1	52.6	59.4	86.4	110.3	155.2
114800	21.3	37.5	50.5	57.1	83.0	105.9	149.0

CURVA "PRECIPITACION - AREA - DURACION"
 PERIODO DE RETORNO : 20 AÑOS

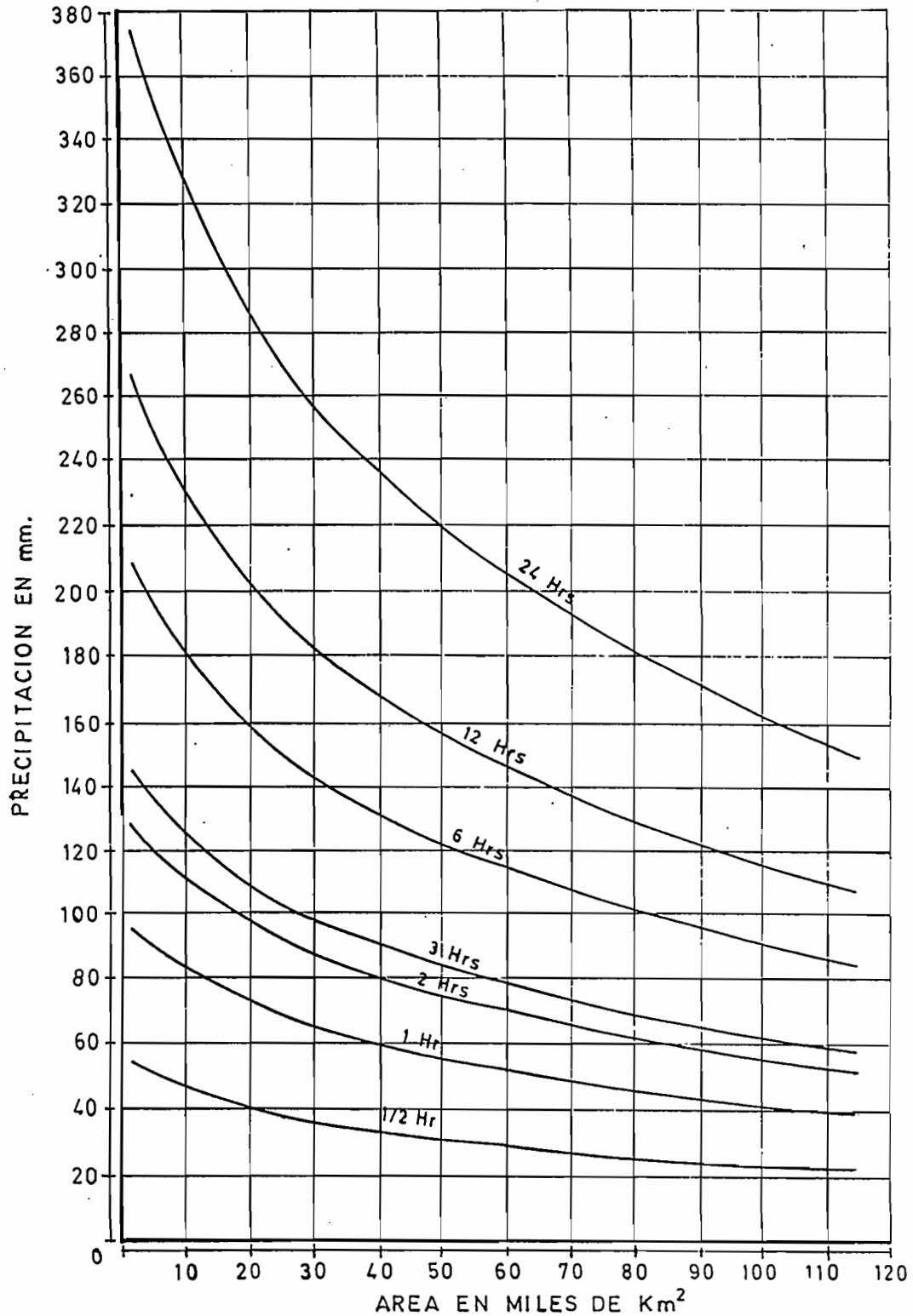


Fig V-8

5.2.2 Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia.

Para el estudio Hidrológico de una determinada extensión de terreno, es preciso estimar a partir de los datos obtenidos en unos cuantos puntos de observación, valores aplicables al conjunto de la zona.

El tratar de obtener una sola curva de Intensidad - Duración - Frecuencia para toda la cuenca podría significar un error; y es por ello que se trazará curvas características para cada sub-cuenca.

Las áreas correspondientes a cada estación, están definidas por los polígonos de Thiessen (Fig. V-9). Los resultados de la distribución de Intensidades máximas, para diferentes periodos de Retorno, están en la tabla V-7 y en los gráficos, V-10 a 15 las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia.

POLIGONOS DE THIESSEN

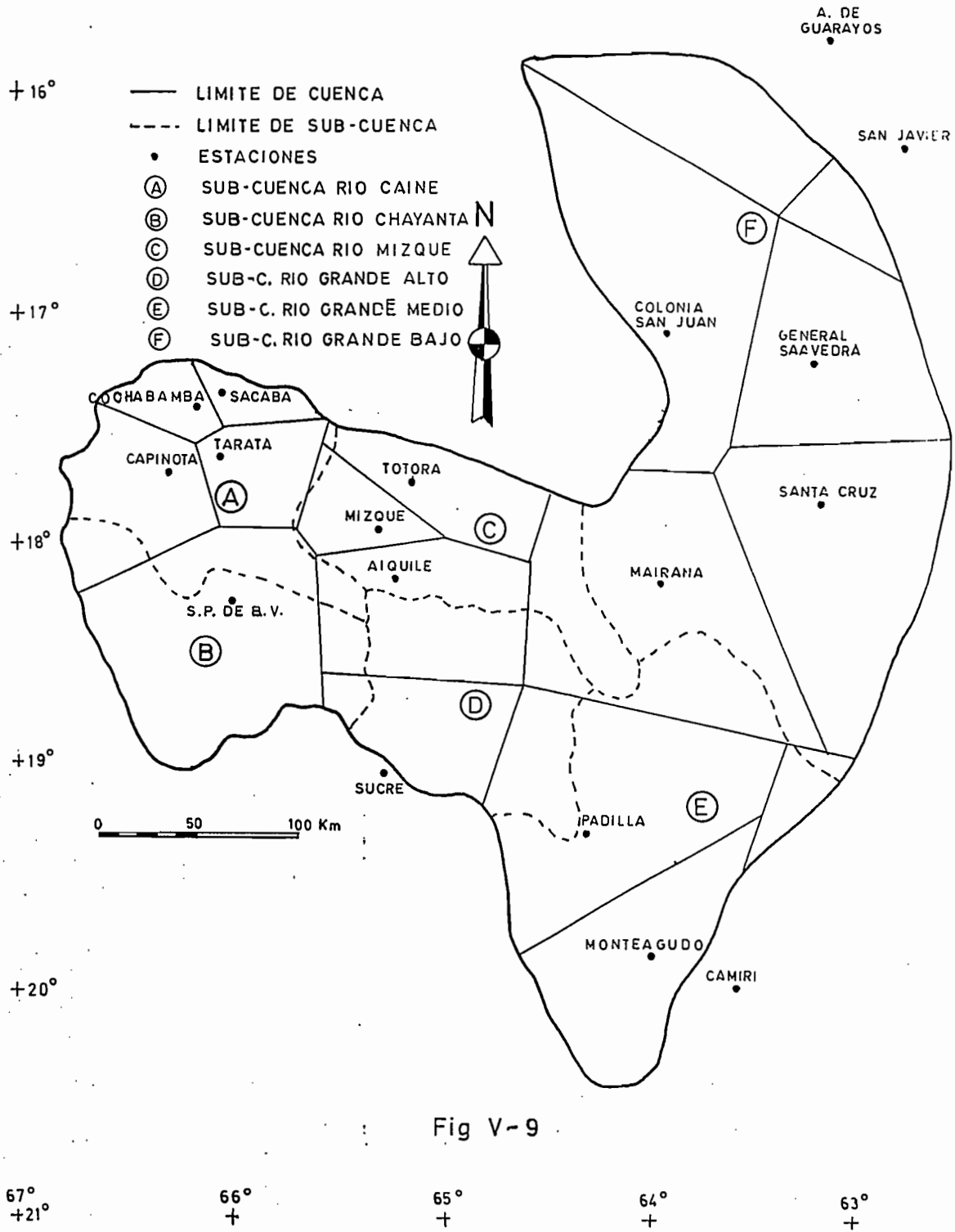


Fig V-9

TABLA V - 7
DISTRIBUCION DE INTENSIDADES MAXIMAS (mm/hora)

SUB CUENCA RIO CAINE

T (ANOS)	INTENSIDAD (mm/hora)						
	0.5 H	1 H	2 H	3 H	6 H	12 H	24 H
2	13.56	11.45	7.59	6.08	4.20	2.61	1.77
5	16.27	13.97	9.50	7.40	5.21	3.26	2.23
10	17.57	15.30	10.31	7.87	5.66	3.58	2.49
20	18.88	16.63	11.19	8.43	6.13	3.91	2.75

SUB-CUENCA RIO CHAYANTA.

T (AND)	INTENSIDAD (mm/hora)						
	0.5 H	1 H	2 H	3 H	6 H	12 H	24 H
2	17.51	14.77	9.79	7.84	5.42	3.37	2.28
5	20.57	17.66	12.01	9.36	6.59	4.12	2.82
10	22.23	19.35	13.04	9.95	7.16	4.56	3.15
20	23.96	21.11	14.20	10.69	7.78	4.96	3.49

SU-CUENCA RIO NIZQUE

T (AND)	INTENSIDAD (mm/hora)						
	0.5 H	1 H	2 H	3 H	6 H	12 H	24 H
2	18.59	15.68	10.40	8.32	5.75	3.58	2.42
5	22.69	19.48	13.25	10.33	7.26	4.55	3.11
10	25.19	21.93	14.78	11.28	8.11	5.13	3.57
20	27.59	24.31	16.35	12.32	8.96	5.72	4.02

CURVA DE "INTESIDAD - DURACION - FRECUENCIA "

SUB-CUENCA : RIO CAINE

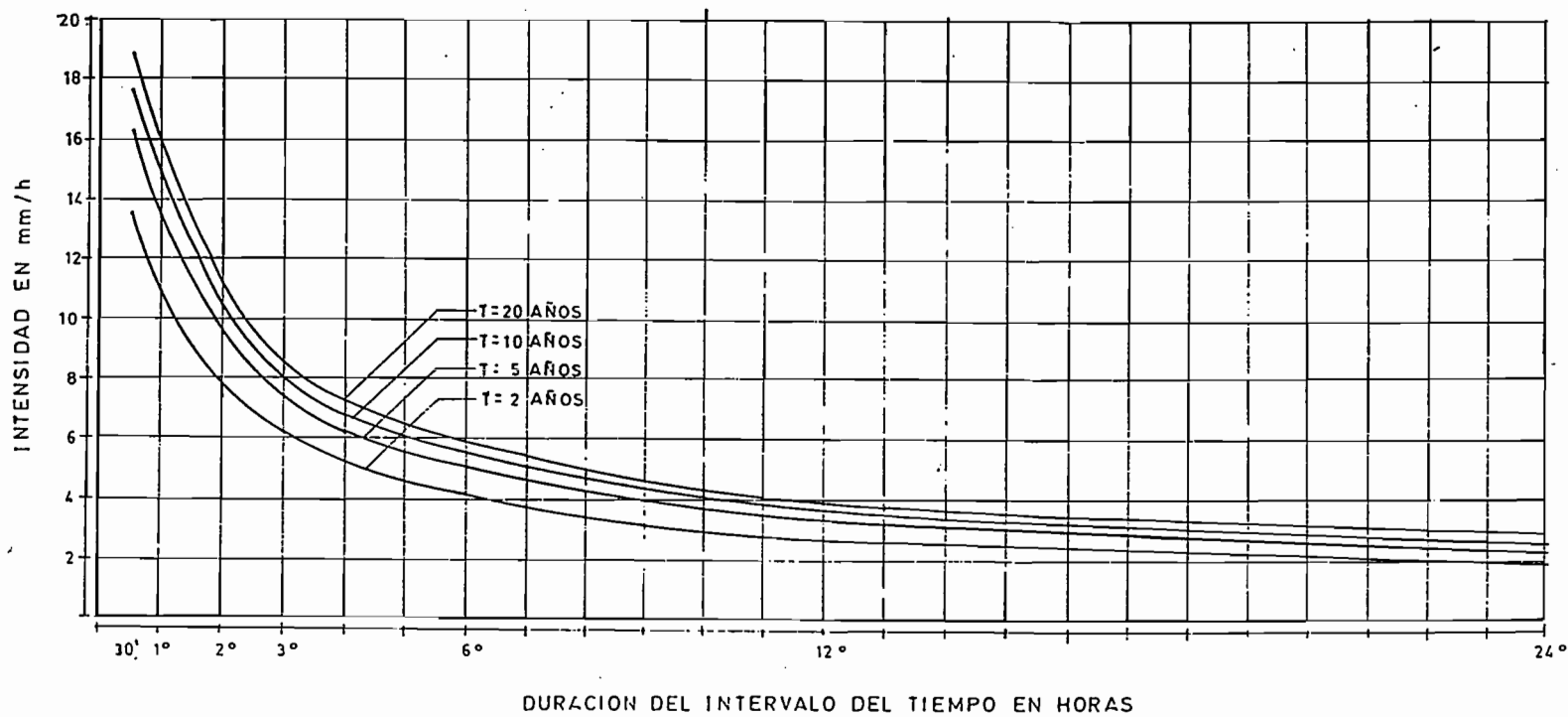


Fig V-10

CURVA DE "INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA"
SUB-CUENCA : RIO CHAYANTA

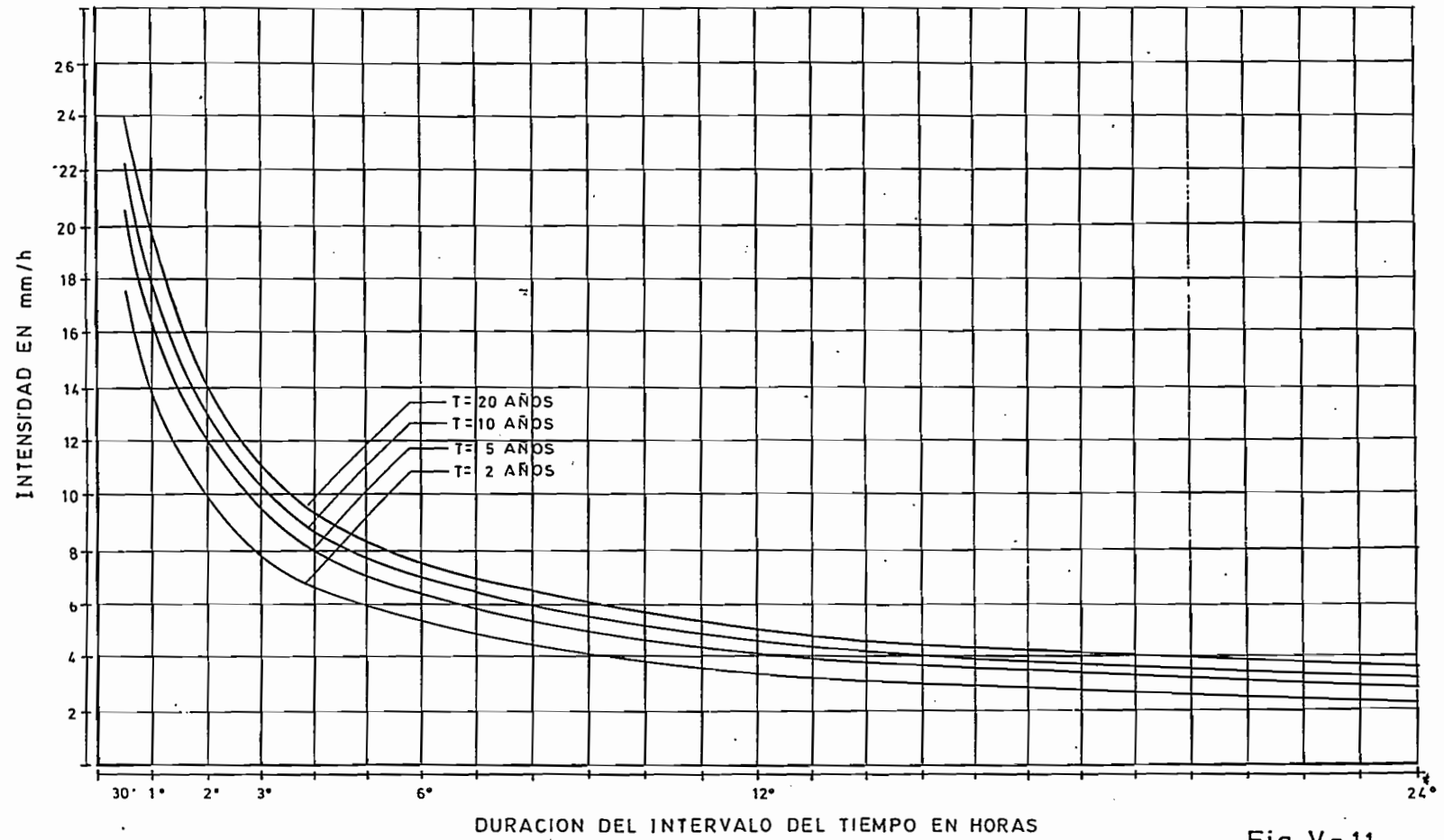


Fig V-11

CURVA DE "INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA"
SUB-CUENCA : RIO MIZQUE

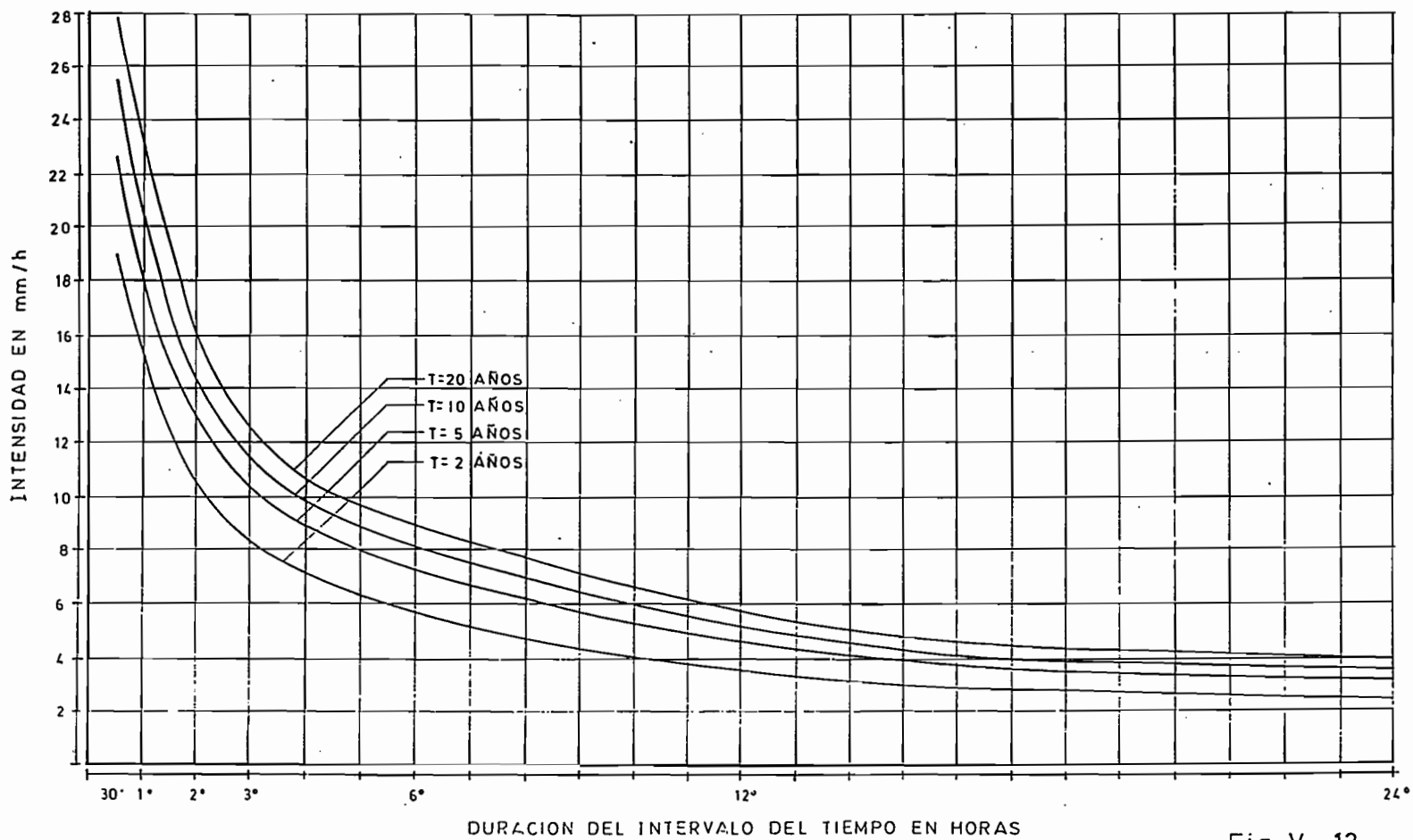


Fig V-12

SUB-CUENCA RIO GRANDE ALTO

T (AÑO)	INTENSIDAD (mm/hora)						
	0.5 H	1 H	2 H	3 H	6 H	12 H	24 H
2	18.51	15.62	10.35	8.69	5.73	3.56	2.41
5	21.82	18.73	12.74	9.93	6.98	4.37	2.99
10	23.36	20.34	13.70	10.46	7.52	4.76	3.31
20	24.78	21.83	14.69	11.06	8.04	5.13	3.61

SUB-CUENCA RIO GRANDE MEDIO

T (AÑO)	INTENSIDAD (mm/hora)						
	0.5 H	1 H	2 H	3 H	6 H	12 H	24 H
2	24.96	21.06	13.96	11.18	7.72	4.80	3.25
5	30.79	26.43	17.98	14.01	9.86	6.17	4.22
10	34.36	29.92	20.16	15.39	11.06	7.00	4.87
20	37.75	33.26	22.37	16.85	12.25	7.82	5.50

SUB-CUENCA RIO GRANDE BAJO

T (AÑO)	INTENSIDAD (mm/hora)						
	0.5 H	1 H	2 H	3 H	6 H	12 H	24 H
2	33.18	27.99	18.56	14.86	10.26	6.38	4.32
5	41.66	35.77	24.32	18.96	13.34	8.35	5.71
10	49.67	43.25	29.15	22.25	15.99	10.12	7.04
20	60.61	53.40	35.92	27.06	19.67	12.56	8.83

CURVA DE "INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA"
SUB-CUENCA : RIO GRANDE ALTO

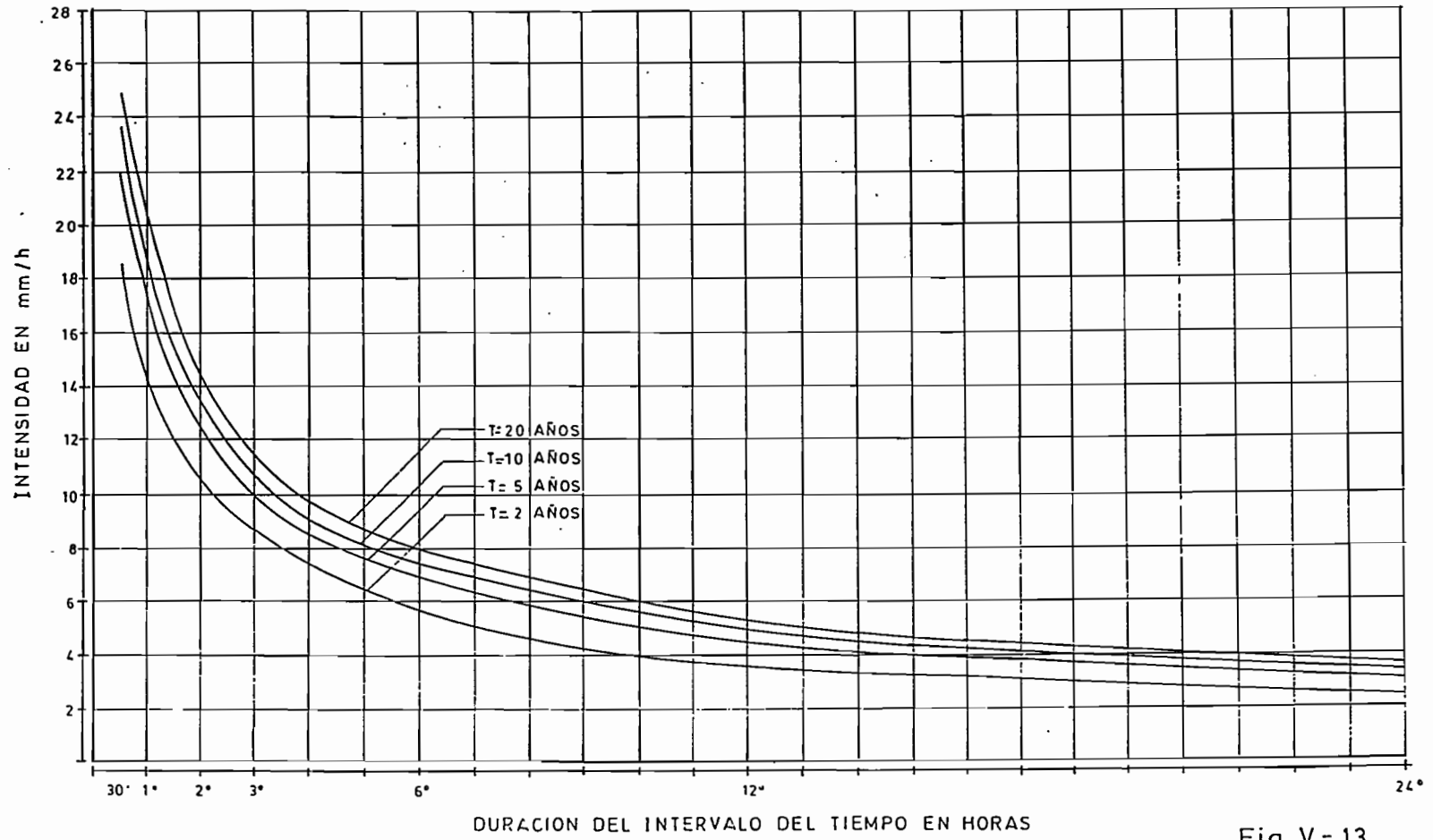


Fig V-13

CURVA DE "INTESIDAD - DURACION - FRECUENCIA "

SUB-CUENCA : RIO GRANDE MEDIO

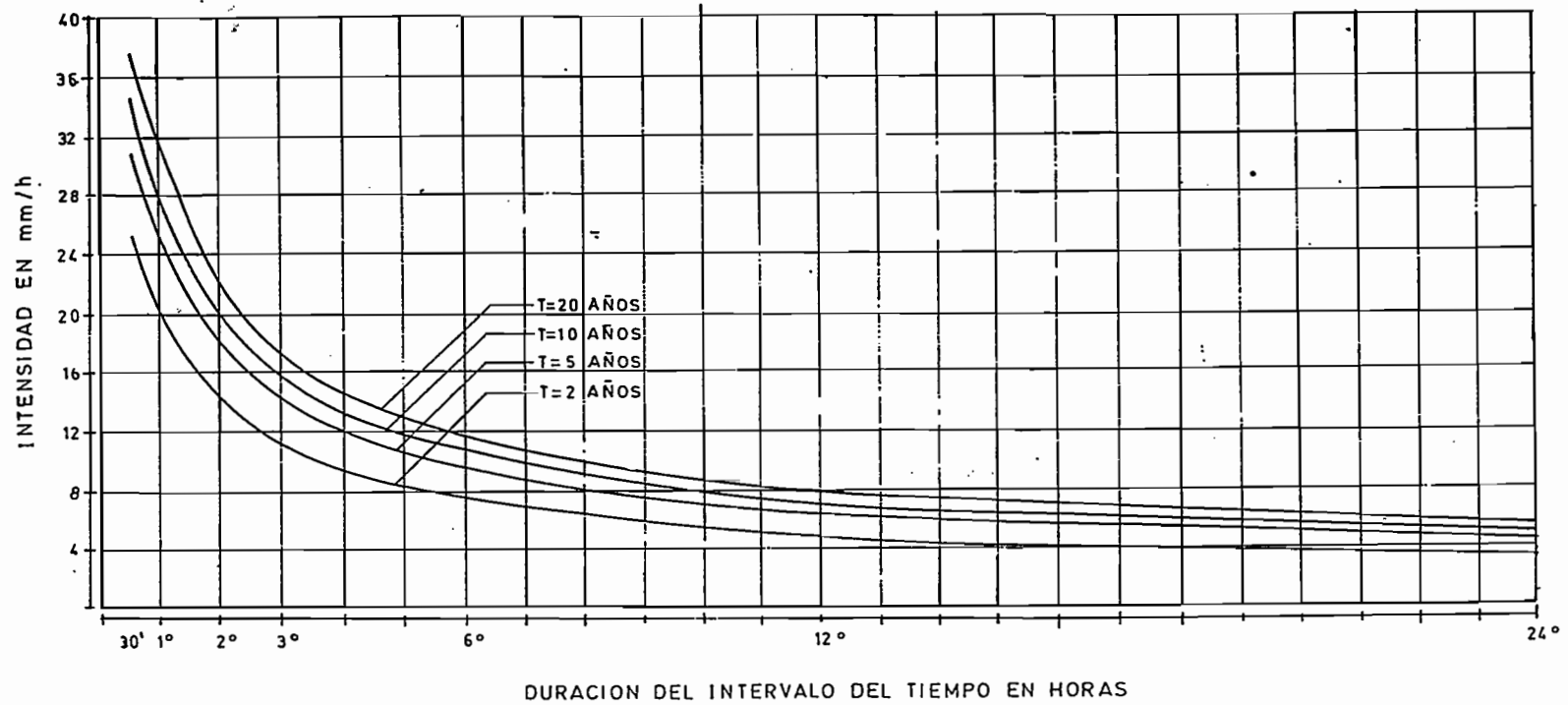


Fig V-14

CURVA DE "INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA" SUB-CUENCA : RIO GRANDE BAJO

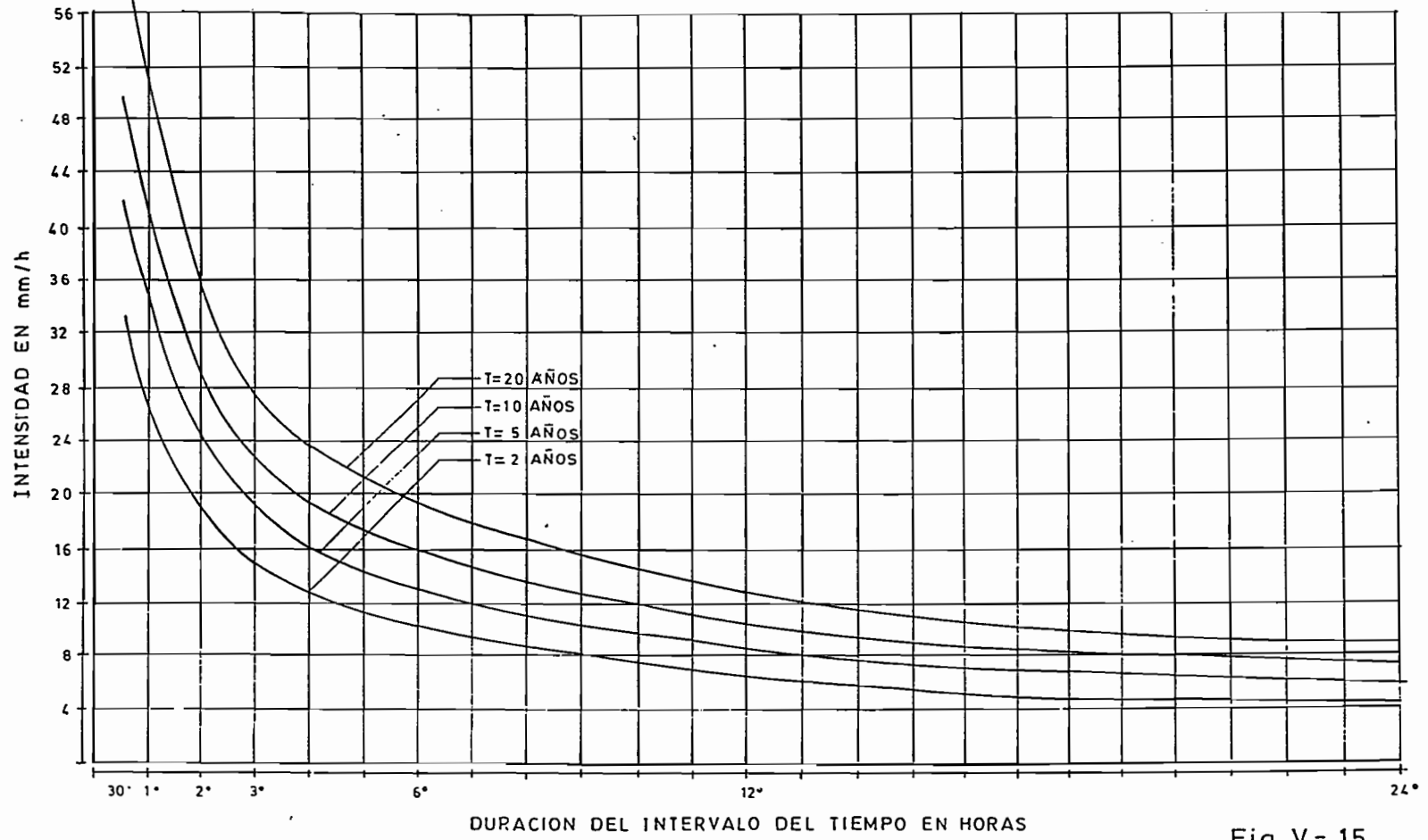


Fig V-15

5.3 Análisis cualitativo.

El individualizar una tormenta como evento extremo es una tarea de difícil identificación, generalmente se le asocia con una crecida, y para poder estudiarla se precisarían datos de escurrimiento en la región de Palmira (fig. V-16) En Razón de no contar con los mismos identificaremos crecidas simultáneas en las estaciones fluviométricas de Abapó y la Bélgica, puntos de control que permitirán el desarrollo de este análisis, en razón de que las crecidas históricas simultáneas en estos dos puntos abarcarían un 60% de la superficie de la cuenca.

Un estudio general de las diferentes crecidas en Abapó y en la Bélgica dan dos crecidas coincidentes en las siguientes fechas:

15.01.78

14.01.81

Cada evento cuenta con el siguiente análisis:

- Por tratarse de una cuenca de 114.800 Km² y con un tiempo de concentración de 135 Horas (5.6 días) se elige un periodo diario de estudio de 7 días.

- Se registran los parámetros climatológicos (Precipitación, temperatura, Humedad relativa y viento) Coincidentes en este periodo diario (ver tabla V-8 a 11)

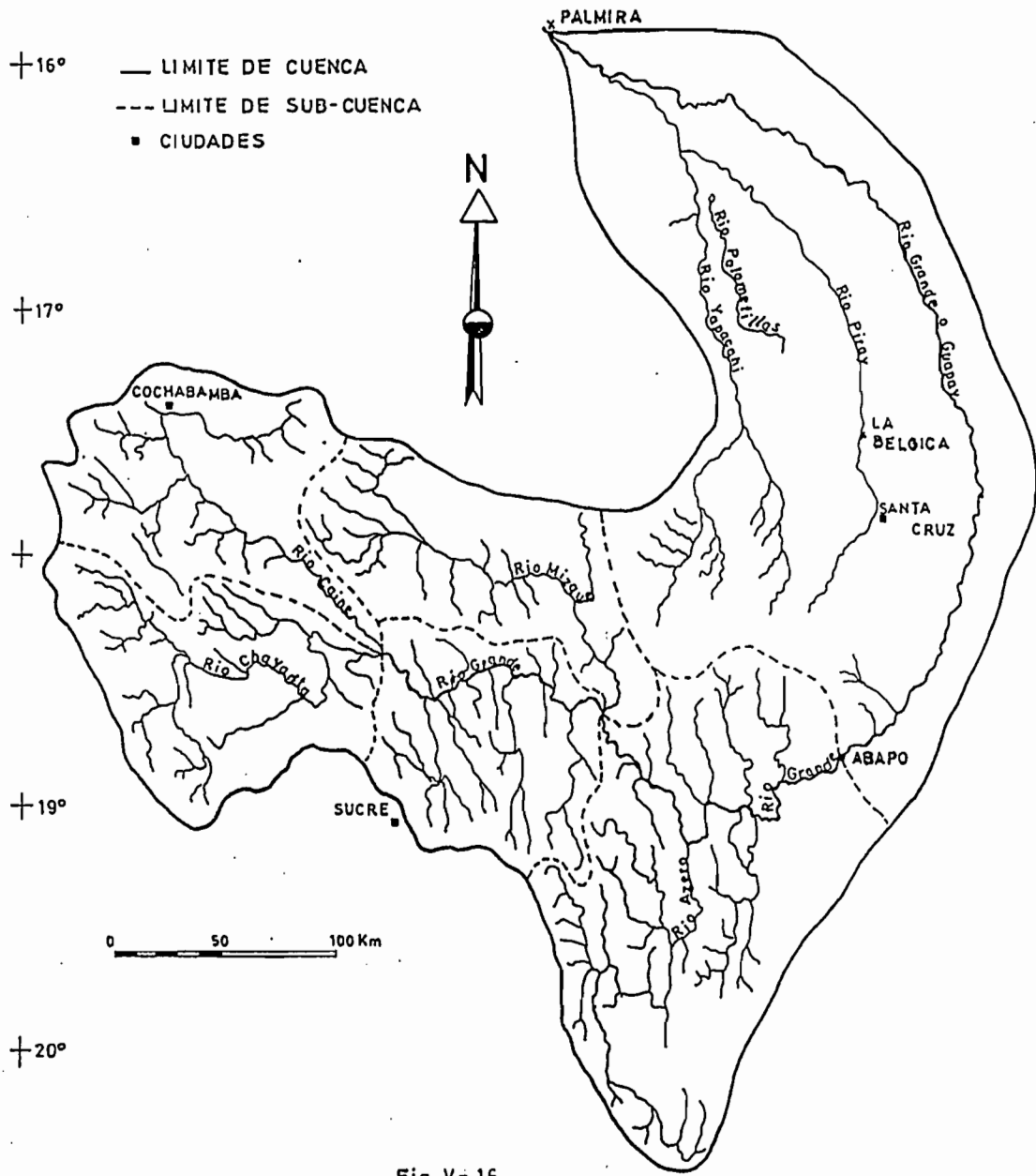


Fig V-16

CUENCA HIDROGRAFICA
DEL RIO GRANDE

21°
67°

66°

65°

64°

63°

TABLA V - B

PRECIPITACION DIARIA EN (mm)

CRECIDA	15. 01. 78							14. 01. 81						
	ESTACION \ DIA	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14
A. DE GUARAYOS	1.3	28.8	0.0	0.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	42.3	25.7	97.8	21.1
SAN JAVIER	0.0	76.4	32.2	0.0	0.0	60.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-
SAN JULIAN	0.5	55.5	2.0	0.0	0.0	45.0	0.0	0.0	0.0	2.8	4.6	4.8	37.0	17.0
PUESTO FERNANDEZ	--	--	--	--	--	--	--	0.0	0.0	13.8	4.9	13.8	118.7	3.8
COL. SAN JUAN	4.0	62.0	0.0	0.0	0.0	89.5	0.0	0.0	1.5	2.0	0.1	20.0	63.0	5.0
GRAL. SAAVEDRA	9.6	0.0	0.0	0.0	74.2	0.0	0.0	4.6	7.2	0.4	5.6	64.6	87.6	0.0
SANTA CRUZ	12.8	20.5	0.5	0.0	27.4	75.0	0.0	0.0	3.5	9.4	0.0	0.0	71.8	5.1
MAIRANA	3.0	3.2	2.0	0.0	2.5	114.0	0.0	0.0	0.5	17.0	4.2	7.8	10.2	6.8
VALLEGRANDE	--	--	--	--	--	--	--	0.0	0.0	1.0	4.8	9.5	37.1	0.1
ABAPD	0.0	18.3	0.0	0.0	100.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.3	0.0
CAMIRI	0.0	33.0	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	5.0	20.0	40.0	0.0	28.0	0.0
MONTEAGUDO	3.0	9.8	0.0	0.0	4.8	3.3	0.0	6.0	0.0	0.0	38.0	0.0	0.0	0.0
TARVITA	2.5	0.0	0.0	0.0	6.5	8.0	0.0	20.0	15.5	0.0	0.0	14.5	7.5	5.5
PADILLA	4.5	2.5	0.0	0.0	7.5	7.5	0.0	18.0	1.7	0.0	1.0	12.2	3.7	0.0
ZUDANES	14.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	18.0	1.5
SUCRE	13.4	0.5	0.0	0.0	0.3	9.2	0.0	44.2	1.5	0.0	10.3	0.0	23.9	3.1
PTE. ARCE	2.7	3.0	3.2	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	15.5	30.2	11.0
AIBUILE	0.0	19.0	1.5	0.0	0.0	18.7	0.0	0.0	27.5	8.0	0.0	0.0	38.0	0.0
MIZQUE	15.4	36.3	0.0	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	30.5	16.3	0.0	0.0	20.2	0.0
TODORA	9.0	27.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	12.0	0.0
PUNTE TAPERAS	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	12.8	0.0
SAN PEDRO DE B.V.	11.8	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	13.0	0.0	7.0	0.0	20.0	2.5
UNCIA	0.0	0.0	0.0	6.8	20.2	0.0	0.0	5.8	7.4	0.0	8.5	9.8	0.4	3.9
CAPINDTA	17.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.7	0.0	0.0	13.2	21.7	2.0
TARATA	25.5	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	8.5	29.5
COCHABAMBA	11.2	20.8	0.0	0.0	31.4	8.7	0.2	0.0	0.0	13.0	3.0	0.0	26.5	0.0
SACABA	14.5	0.0	0.0	0.0	3.0	4.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	8.5	10.5
CORANI	3.8	18.0	18.0	4.0	47.0	18.0	4.0	23.0	12.0	36.0	18.0	37.0	5.0	24.0

TABLA V - 9
TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN (°C)

CRECIDA	15. 01. 78							14. 01. 81						
	ESTACION \ DIA	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14
SAN JULIAN	25.8	27.3	27.5	26.8	27.0	25.5	24.0	27.9	26.0	27.0	26.5	25.9	23.5	25.9
COL. SAN JUAN	25.9	25.9	27.5	25.3	23.0	23.1	25.3	26.2	27.0	27.2	25.0	25.3	27.9	25.6
GRAL. SAAVEDRA	26.0	27.0	27.5	25.3	22.3	24.3	25.0	27.0	27.0	26.5	25.5	25.5	27.0	25.3
SANTA CRUZ	26.6	27.2	26.5	25.1	21.6	22.9	25.0	26.8	27.0	26.2	26.1	25.8	24.4	25.6
MAIRANA	23.5	23.0	21.0	21.0	24.0	19.5	21.5	22.5	23.0	22.3	22.3	22.8	20.0	21.8
VALLEGRANDE	--	--	--	--	--	--	--	18.4	18.9	20.0	18.6	18.9	17.0	17.2
CAMIRI	24.0	21.5	24.0	23.5	19.5	22.5	23.5	23.0	25.5	28.0	23.5	24.5	21.0	25.5
MONTEAGUDO	23.8	20.4	22.4	23.5	17.9	23.7	20.8	20.5	24.7	26.0	25.5	23.9	26.0	23.2
TARVITA	22.2	20.6	21.2	22.5	23.4	22.8	24.7	20.0	20.6	20.0	22.5	22.5	23.6	23.1
PADILLA	18.5	15.4	17.0	19.0	13.8	15.0	15.5	19.8	19.5	21.0	19.0	19.0	14.3	22.5
ZUDANES	19.8	17.4	18.0	20.6	13.5	16.3	17.3	--	--	--	--	--	--	--
SUCRE	15.7	13.2	14.5	16.0	16.0	13.5	14.0	16.9	17.2	17.8	15.8	16.4	12.7	15.3
PUENTE ARCE	--	--	--	--	--	--	--	28.0	26.0	27.5	24.0	27.3	19.3	24.5
AIBUILE	15.0	18.5	24.5	21.0	17.0	19.0	16.5	21.5	22.0	20.0	21.0	20.5	16.0	19.5
MIZQUE	19.5	16.4	21.2	21.4	19.4	16.3	16.2	22.5	23.0	19.5	21.2	21.2	17.6	20.5
TOTORA	14.5	13.4	15.6	17.2	15.6	10.6	11.7	16.1	18.4	16.7	16.7	17.2	15.0	15.6
PUENTE TAPERAS	--	--	--	--	--	--	--	30.4	29.1	28.8	26.8	28.0	28.0	29.0
UNCIA	10.6	9.3	9.5	10.0	11.7	11.5	9.7	5.7	7.4	6.7	8.8	7.6	6.1	8.0
CAPINOTA	17.9	18.0	19.0	20.8	20.5	18.5	19.3	17.9	21.1	19.0	19.6	22.6	14.4	20.5
TARATA	15.8	12.5	17.8	17.5	16.0	18.0	19.8	19.8	18.8	16.5	18.8	17.5	14.8	16.5
COCHASAMBA	17.0	16.5	17.5	19.5	19.1	14.2	16.4	18.5	20.3	18.9	17.8	19.1	18.0	18.8
SACABA	15.0	16.5	17.0	18.0	18.5	16.0	18.8	18.8	19.3	17.5	17.5	18.5	15.8	18.0
CORANI	--	--	--	--	--	--	--	13.4	16.6	16.1	13.9	12.8	16.7	13.9

- Los valores puntuales de los parámetros, se vuelcan en gráficos de Isolneas de igual valor [ver figura V-17 a 23, (crecida de 15.01.78) y figuras V-24 a 30 (crecida del 14.01.81)]

Observación . El estudio de crecidas históricas en estos dos puntos, muestran en forma individual, valores bastante mayores a los identificados como "simultaneos", pero el deducir como evento máximo en toda la cuenca a estos, podría significar un error de apreciación.

TABLA V-10
HUMEDAD RELATIVA EN %

CRECIDA	15. 01. 78							14. 01. 81						
	ESTACION \ DIA	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14
SAN JULIAN	94	80	68	80	86	80	56	64	68	91	86	88	95	80
PUESTO FERNANDEZ	--	--	--	--	--	--	--	84	86	93	92	94	86	86
COL. SAN JUAN	89	88	77	88	98	84	56	87	87	86	97	94	88	81
GRAL. SAAVEDRA	86	73	66	83	97	74	54	79	83	87	95	91	91	77
SANTA CRUZ	77	76	64	84	95	72	50	78	71	74	81	74	89	66
MAIRANA	72	81	64	64	96	63	52	63	66	73	78	65	83	64
VALLEGRANDE	--	--	--	--	--	--	--	86	76	74	79	78	93	67
MONTEAGUDO	68	80	43	48	86	41	36	--	--	--	--	--	--	--
PADILLA	70	88	53	60	92	52	44	83	84	76	82	72	87	76
ZUDAGES	70	71	66	61	87	44	58	--	--	--	--	--	--	--
SAN PEDRO DE B.V.82	88	88	80	70	70	81	78	--	--	--	--	--	--	--
COCHABAMBA	60	66	62	56	54	62	58	54	54	66	67	62	76	70

TABLA V - 11
DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO (EN NUDOS)

CRECIDA	15. 01. 78							14. 01. 81						
	ESTACION \ DIA	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14
A. DE GUARAYOS	N-4	N-6	S-2	N-7	N-12	S-3	S-14	NW-8	NW-8	NW-7	NW-6	NW-3	NW-6	NW-3
SAN JAVIER	C-0	S-8	SE-15	NW-20	N-20	S-16	SE-18	-	-	-	-	-	-	-
SAN JULIAN	NW-7	S-9	S-10	NW-15	NW-9	S-4	S-6	NW-6	NW-2	NW-3	NW-4	NW-2	S-2N	W-1
PUESTO FERNANDEZ	-	-	-	-	-	-	-	N-11	N-7	N-14	N-8	NE-5	S-17	N-2
COL. SAN JUAN	C-0	C-0	N-3	E-8	SW-5	C-0	SW-8	W-2	N-7	N-3	N-2	NW-2	N-2	N-2
GRAL. SAAVEDRA	-	-	-	-	-	-	-	N-9	N-8	N-10	N-8	N-8	S-9	N-4
SANTA CRUZ	SE-3	SE-3	SE-3	NW-8	SE-3	SE-4	SE-3	NW-11	NW-15	NW-22	NW-6	NW-8	SW-9	NE-2
MAIRANA	SW-4	SE-2	N-4	NW-12	C-0	C-0	SE-6	NW-8	NW-7	C-0	C-0	NW-3	C-0	C-0
VALLEGRANDE	-	-	-	-	-	-	-	NE-20	NE-18	NE-7	NE-10	NW-5	SE-16	NE-12
CAHIRI	SE-5	S-1	N-1	S-5	S-1	SE-4	SE-4	SE-1	C-0	S-2	N-1	S-4	N-1	C-0
MONTEAGUDO	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	SE-3	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0
TARVITA	W-2	W-2	N-2	E-2	N-2	N-2	S-2	C-0	S-2	N-2	S-2	S-2	N-2	S-2
PADILLA	SE-3	SE-3	C-0	SE-4	E-3	E-2	SE-6	E-7	E-3	E-5	E-4	E-4	SE-12	E-3
SUDAKES	SE-5	SE-5	NW-5	NE-5	SE-4	SE-10	SE-4	N-4	S-2	S-4	N-3	S-4	E-2	E-2
SUCRE	N-4	NE-5	NE-8	NE-7	NE-9	NE-11	S-10	NE-5	N-3	NE-6	NE-5	NE-3	N-6	NE-6
AIGUILE	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	SW-8	C-0	SE-2	C-0	C-0	C-0	C-0
S.P. DE B.V.	W-9	W-10	W-9	W-10	W-10	W-5	W-8	-	-	-	-	-	-	-
LANCIA	SE-2	SE-2	NE-2	SW-2	SW-2	SE-4	SE-2	C-0	SE-2	C-0	C-0	NE-2	NW-3	SW-2
CAPINOTA	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0	C-0
COCHABAMBA	E-2	S-1	W-1	E-3	SE-2	NW-4	S-2	SE-1	SE-3	N-2	SW-4	E-2	C-0	C-0

5.3.1 Comportamiento de los Parámetros Meteorológicos.

El análisis del comportamiento de los parámetros se lo hace día a día tomando para el estudio 5 días antes, el día de la crecida, y un día después, esto teniendo en cuenta, que el tiempo de concentración de la cuenca es de 135 horas (5.6 días)

5.3.1.1 Crecida del 15.01.78

a) Precipitación.- El análisis comienza el día 10; y tal como se ve en la fig V-17 la precipitación es casi nula en la mayor parte de la cuenca, con excepción de la parte alta, que registra lluvias entre 10 y 20 mm, también se observa lluvias localizadas en Sucre (13.4 mm.) y Santa Cruz (12.8 mm). El día 11 la precipitación es mayor y se tiene registros de 62.mm en Col. San Juan, 55.5 mm. en San Julián y 75.4 mm en San Javier, todas éstas en la parte baja de la cuenca. Los días 12 y 13 no se registran lluvias de consideración en la cuenca. El día 14 la precipitación es intensa registrándose las máximas lluvias en Abapó (100.5 mm) y Santa Cruz (74.2 mm). El día 15 la lluvia se desplaza hacia el Noreste y es así que se tienen registros de 114 mm en Mairana y 89.5 mm en Col. San Juan y por el contrario Abapó ya no registra lluvias. El día 16 no hay precipitación de interés dentro de la cuenca.

b) Temperatura.- El día 10 se registran las siguientes temperaturas. La zona alta, (zona por encima de los 3.000 m.s.n.m.) registra temperaturas que oscila entre los 10 y 14°C; la zona media superior (Zona entre las 2.000 y 2.800 m.) registra entre 16 y 18 °C, la zona media inferior (1.000 a 2.000 m) se tiene temperaturas entre 18 y 22 °C y la parte baja, (zona con altura menor a los 800 m.s.n.m.), 24 y 27 °C. El día 11 la temperatura no registra variaciones significativas, el 12 se percibe un incremento de cerca a los 2°C y el día 13 disminuye como 1°C el día 14 existe

un descenso de temperatura en la parte baja, coincidiendo con la fuerte precipitación que se registra este día, en la parte alta también disminuye la temperatura. El 15 la temperatura sigue bajando en la parte alta como en la parte baja y por el contrario en la zona media sufre un incremento respecto al día anterior. El día 16 la temperatura sube en la mayor parte de la cuenca cerca a 2°C.

c) Humedad relativa.- Los valores que se registran para el día 10 son los siguientes: los valores máximos se tienen en la parte baja de la cuenca, con valores que van de los 70 a 90 %, la parte media tiene 60 a 75% y la parte alta registra valores inferiores a los 65 %. El día 11 se registra una disminución de la humedad en la parte baja, y un incremento en la parte media y alta de la cuenca.

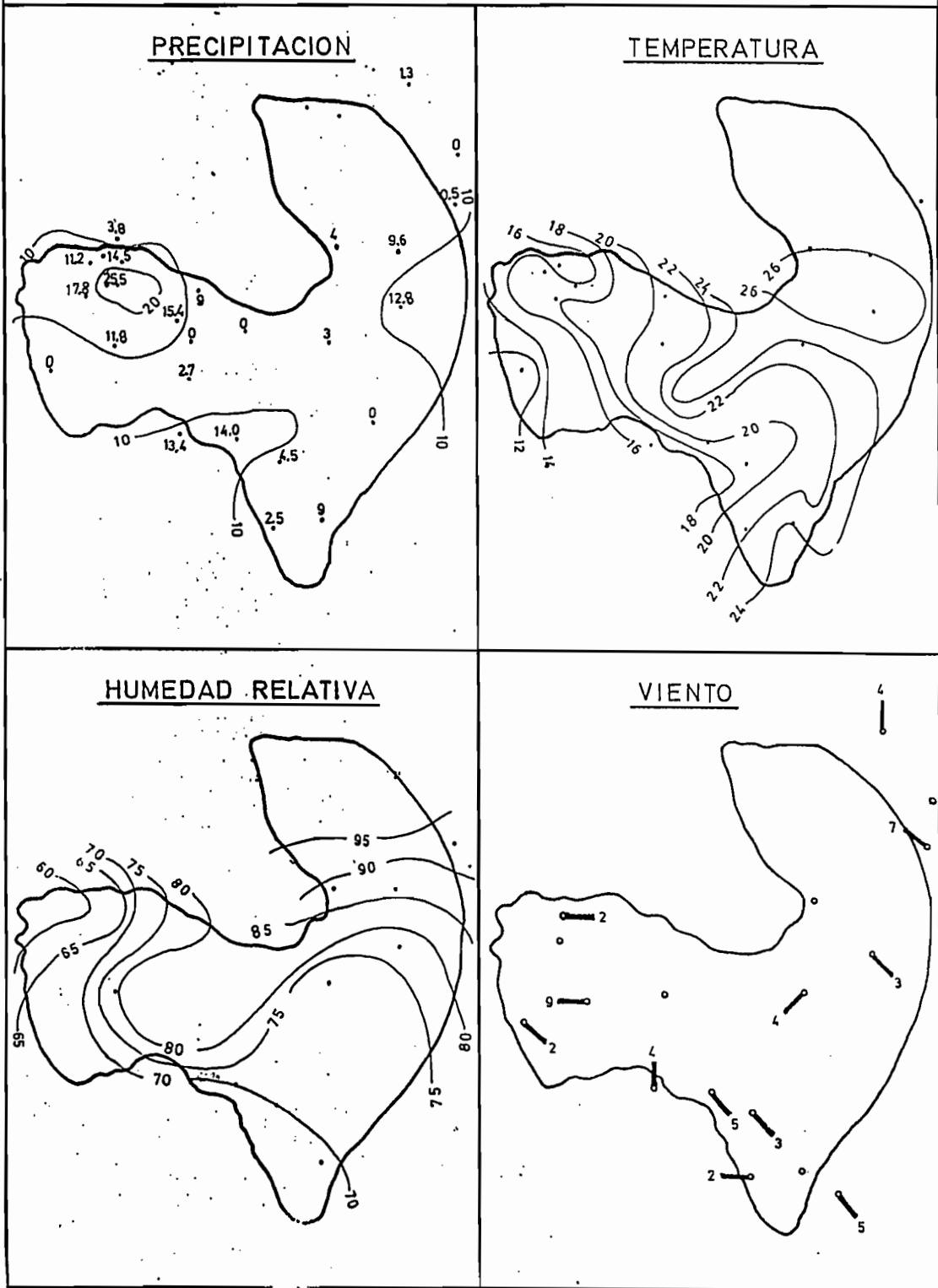
El 12 la humedad tiene un fuerte descenso en toda la cuenca (cerca a 20%). El 13 la humedad aumenta en la parte baja y se mantiene en la parte media y alta. El día 14 la humedad relativa aumenta notablemente en toda la cuenca, así como también aumenta la precipitación. Los días 15 y 16 la humedad disminuye cerca a 40% en relación al día 14.

d) Viento.- Los gráficos V-17 a 23, nos muestran en forma clara, la dirección y velocidad de los vientos diarios en las distintas estaciones dentro la cuenca.

DIA: 10.01.78

MAPAS DE ISOLINEAS

Fig V-17

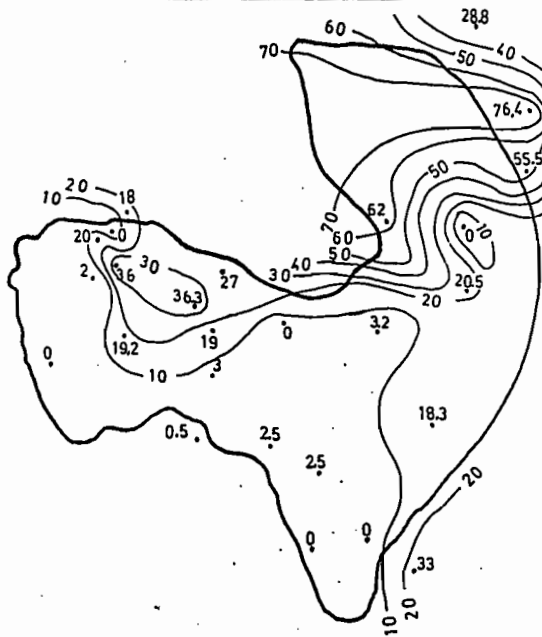


DIA: 11.01.78

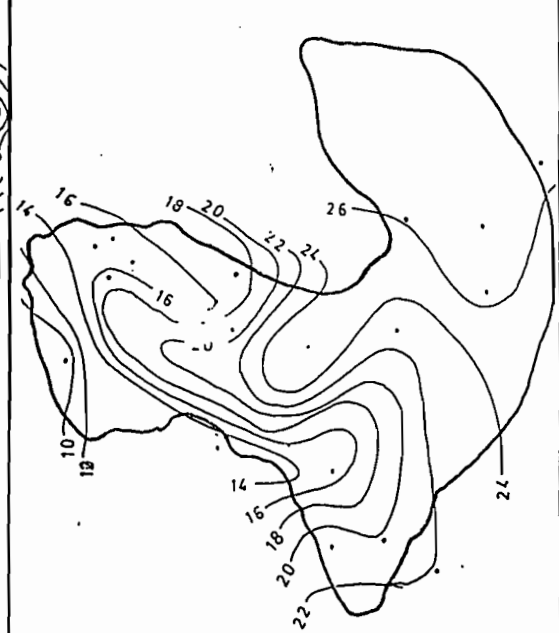
MAPAS DE ISOLINEAS

Fig V-18

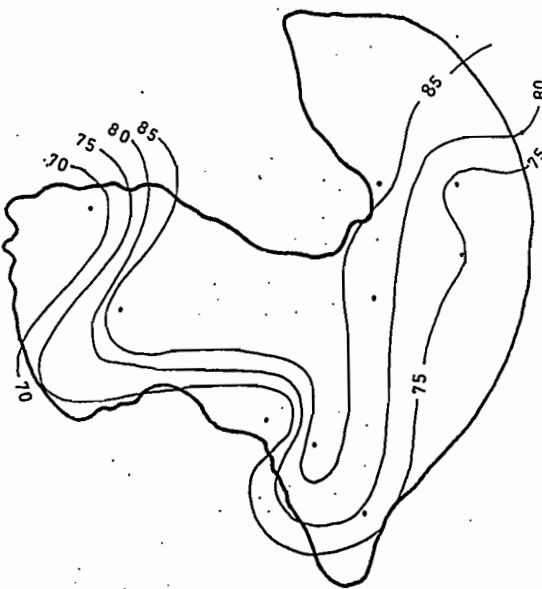
PRECIPITACION



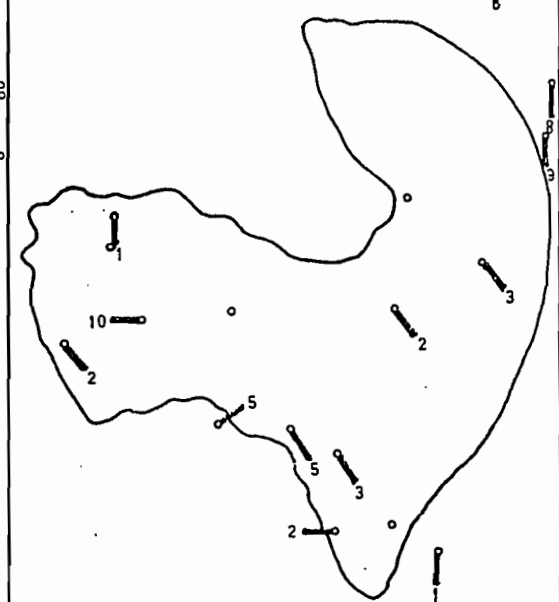
TEMPERATURA



HUMEDAD RELATIVA



VIENTO

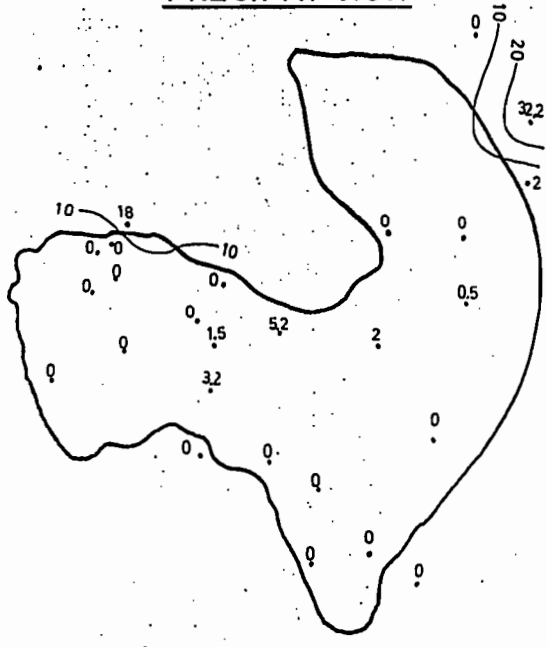


DIA: 12.01.78

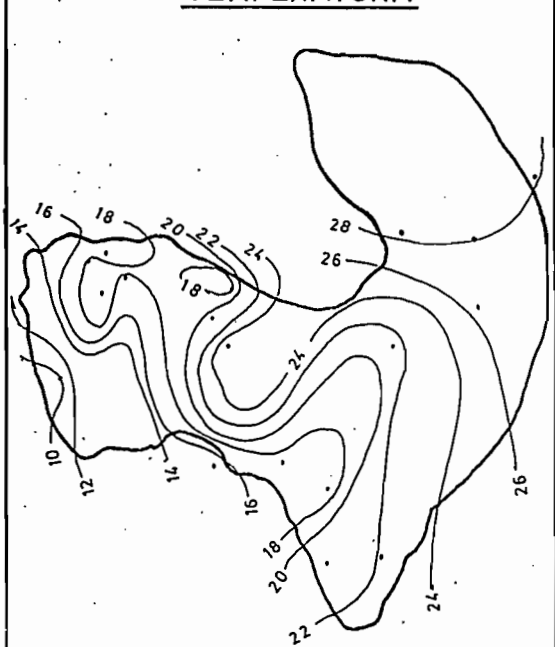
MAPAS DE ISOLINEAS

Fig V-19

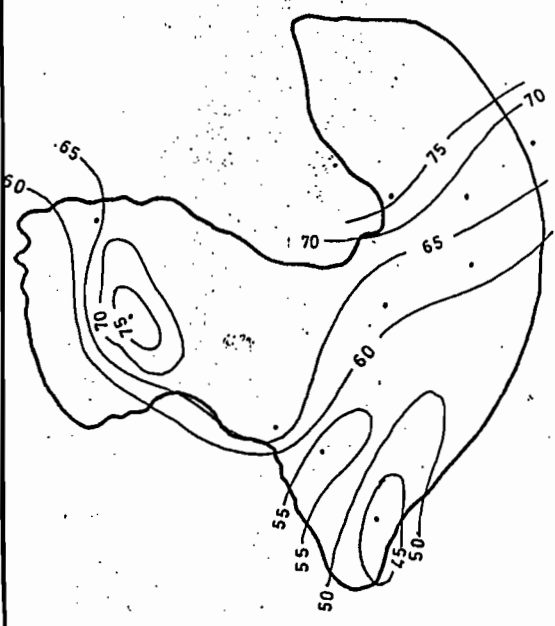
PRECIPITACION



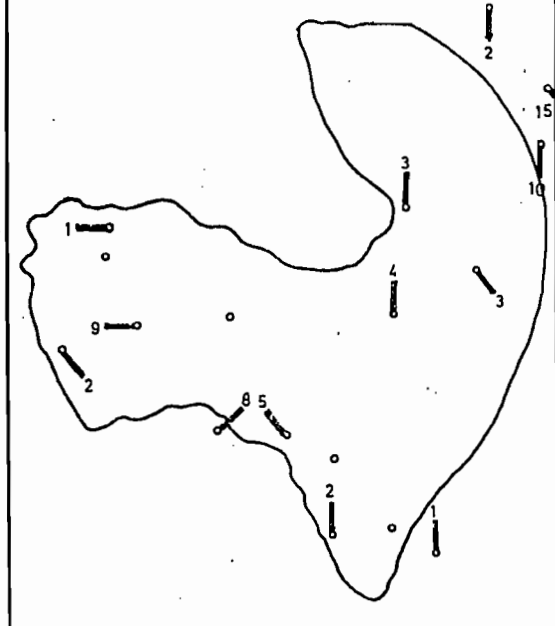
TEMPERATURA



HUMEDAD RELATIVA



VIENTO

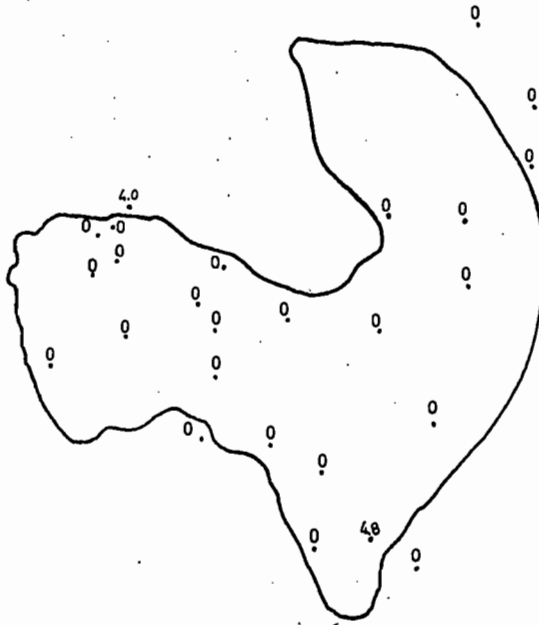


DIA: 13.01.78

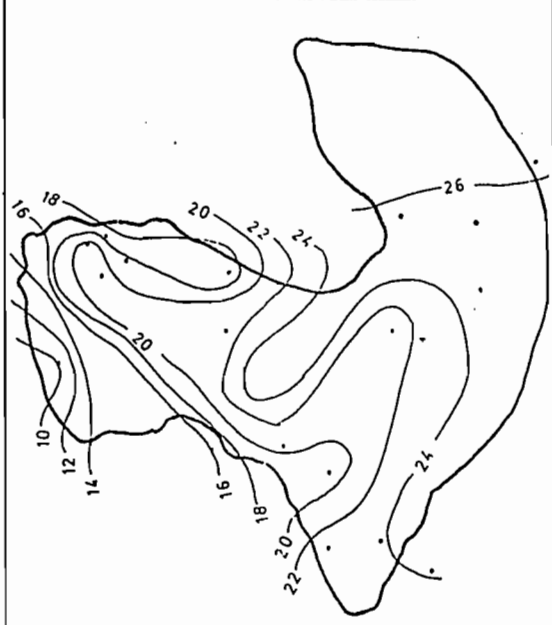
MAPAS DE ISOLINEAS

Fig V-20

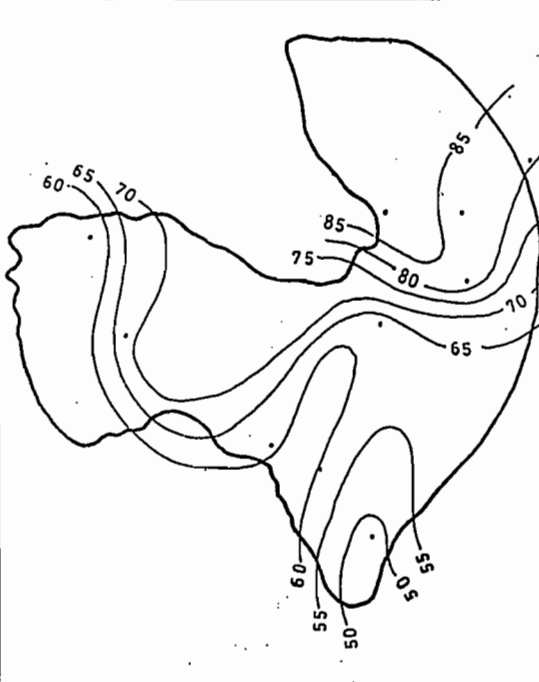
PRECIPITACION



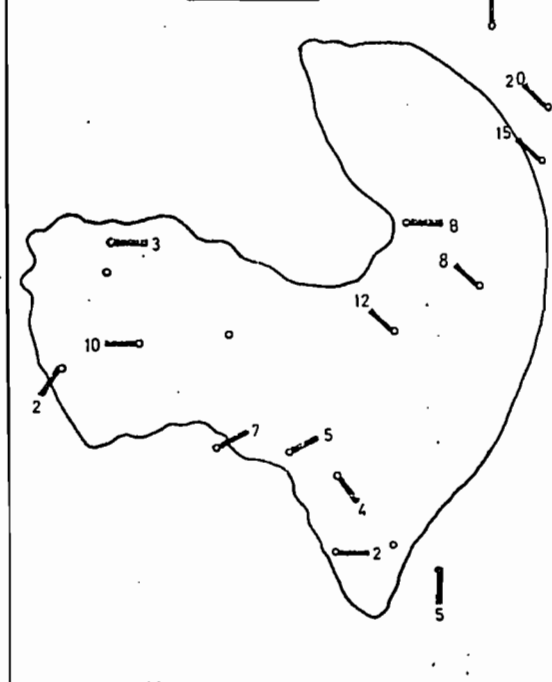
TEMPERATURA



HUMEDAD RELATIVA



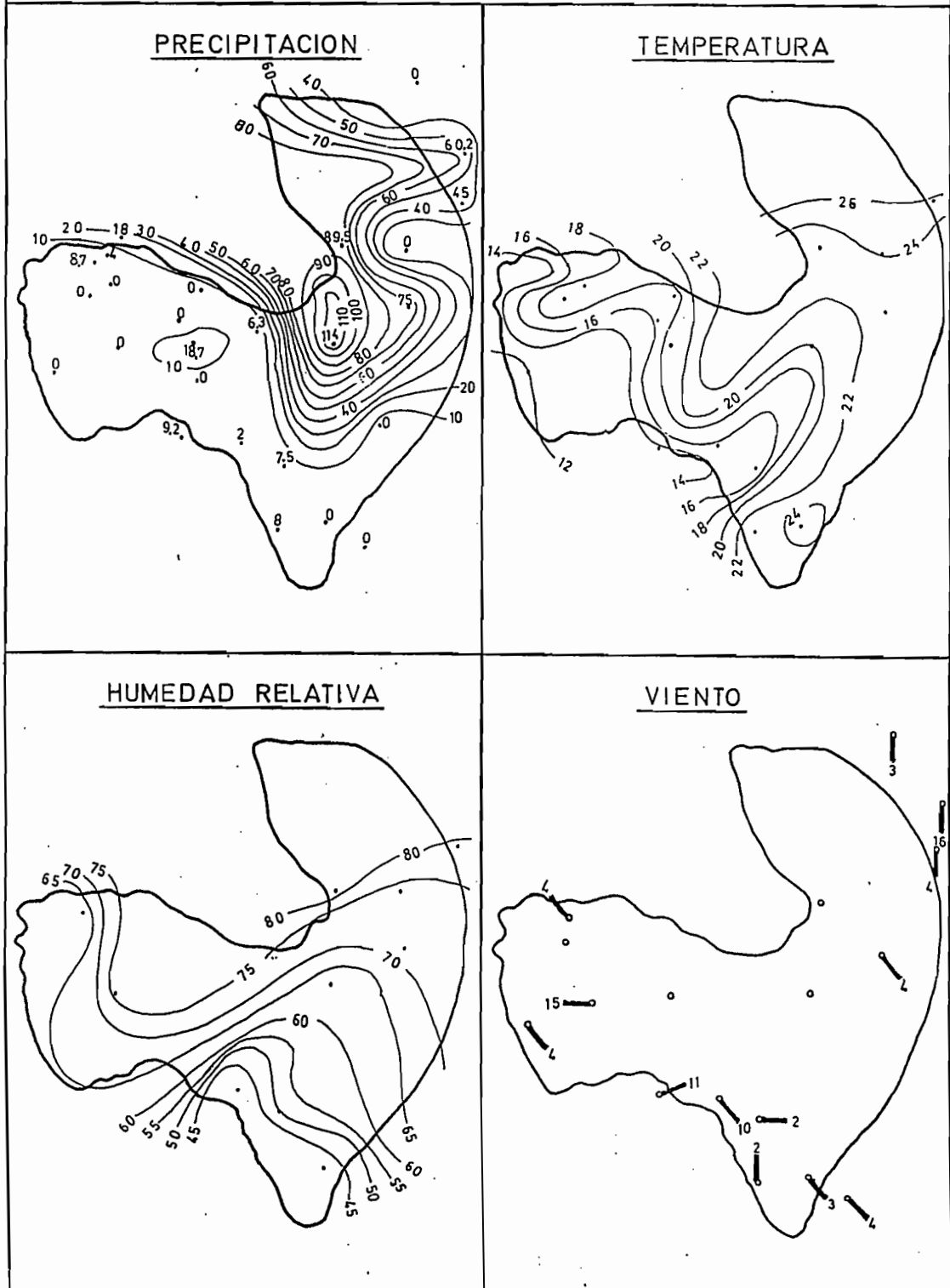
VIENTO



DIA: 15.01.78

MAPAS DE ISOLINEAS

Fig V-22

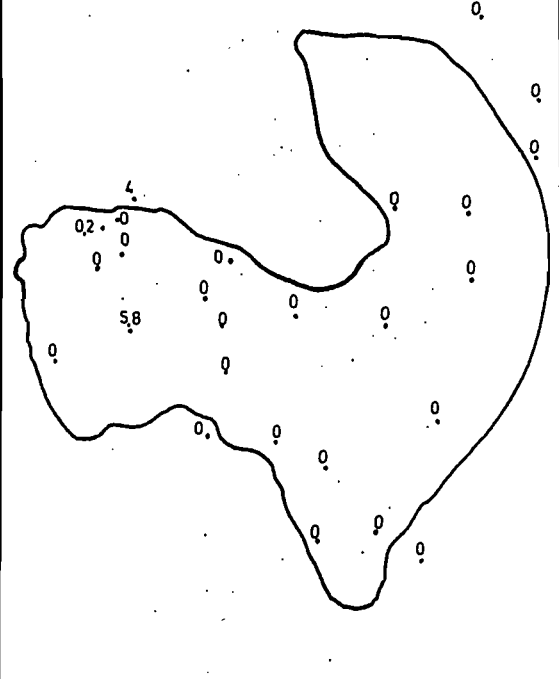


DIA: 16.01.78

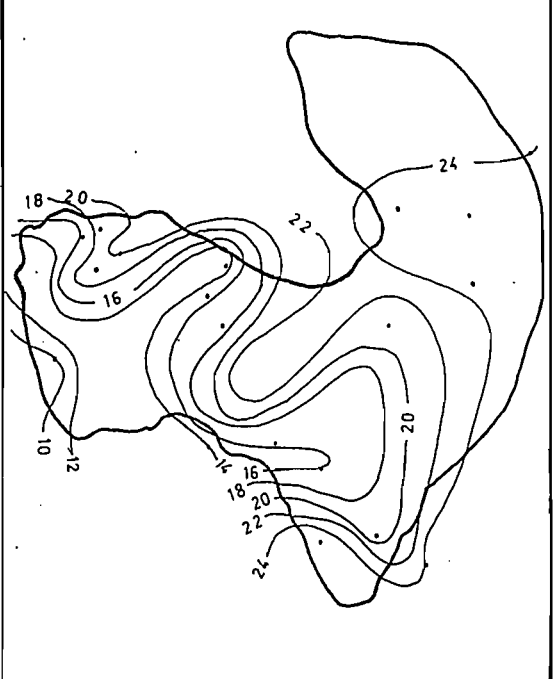
MAPAS DE ISOLINEAS

Fig V-23

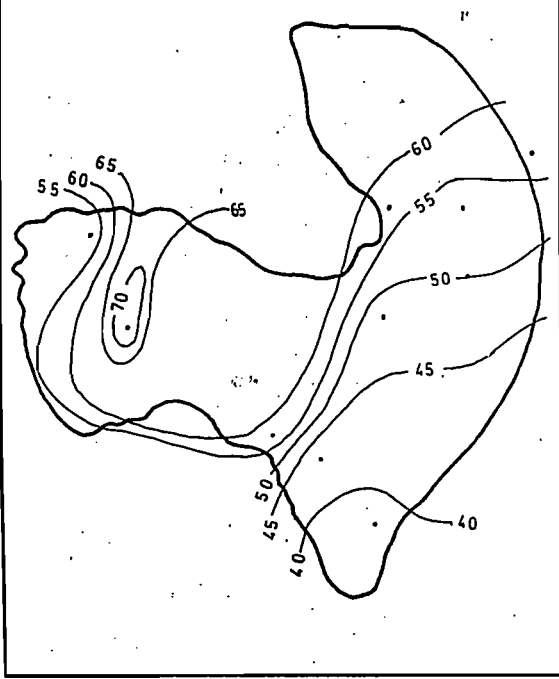
PRECIPITACION



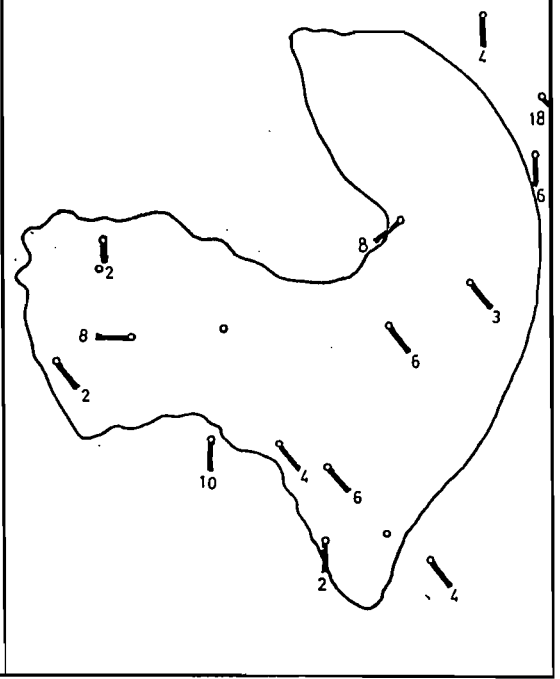
TEMPERATURA



HUMEDAD RELATIVA



VIENTO



5.3.1.2 Crecida del 14.01.81

a) Precipitación.- Día 9, día de inicio del análisis, se observa (fig. V-24) poca precipitación en la cuenca, en la parte sud Tarvita registra 20 mm, Padilla 18 mm y Sucre 44.2 mm. El día 10 la precipitación se concentra en la parte media de la cuenca y es así que Mizque registra 30.5 mm. de lluvia, Aiquile 27.5 mm y padilla 12 mm. y 15.1 mm en tarvita, el resto de las estaciones no registran precipitaciones de importancia.

La precipitación para el día 11 se concentra en la parte alta de la cuenca; y la parte baja todavía no registra lluvias de interés. El día 12 A. de Guarayos registra 42.3 mm. y al Sud montea-gudo y Camiri registran 38 y 40 mm. respectivamente, en el resto de la cuenca no se registran lluvias significativas. El día 13 se inicia la precipitación en la parte baja, teniendo como centro de tormenta a Gral. Saavedra que registra 64.6 mm. El 14, día de la crecida, llueve en toda la cuenca, registrándose lluvias de 10 a 25 mm. en la parte alta, de 20 a 40 en la parte media y lluvias que superan los 60 mm. en la parte baja e inclusive los 100 mm. como es el caso de Puesto Fernández que registra 118.7 mm. de lluvia. El día 15 prácticamente desaparece la tormenta y los valores que se registran ya no son significativos.

b) Temperatura.- El día 9 se registran las siguientes temperaturas: la zona superior a los 3.000 m.s.n.m. registra de 6 a 12 °C,

la zona comprendida entre los 2.000 y 2.800 m, registra de 18 a 20 °C, la zona entre los 1.000 a 2.000 m, tiene temperaturas que oscilan entre los 20 y 22 °C y por último la zona baja registra temperaturas entre 24 y 28 °C. Los días 10 y 11 la temperatura no sufre variación, el día 12 la temperatura desciende cerca a 2°C en la parte baja y manteniéndose en el resto de la cuenca.

El 13 no existe variación de temperatura. El día 14 (día de fuertes lluvias) la temperatura desciende cerca a 2°C en la parte baja y 1°C en la parte media y alta de la cuenca y por último el día 15 la temperatura nuevamente sube como 2°C en toda la cuenca.

c) Humedad Relativa.- Para estos días no se tienen registros de humedad en la parte alta de la cuenca (excepto la estación de Cochabamba) y es por este motivo que el análisis, se hará sólo para la parte media y baja de la cuenca.

El día 9 se registra una humedad relativa que está comprendida entre 75 y 85 % tanto en la parte baja como media de la cuenca, con excepción de Mairana y San Julián que tienen registros de 63 y 64% de humedad para este día.

El día 10 la humedad se incrementa en la parte baja y en la parte media se mantiene constante, los días 11 y 12 existe un incremento de humedad en toda la cuenca. El 13 la humedad se mantiene, el día 14 (día de fuertes precipitaciones) la humedad rela-

tiva aumenta , el día 15 la humedad disminuye en toda la cuenca.

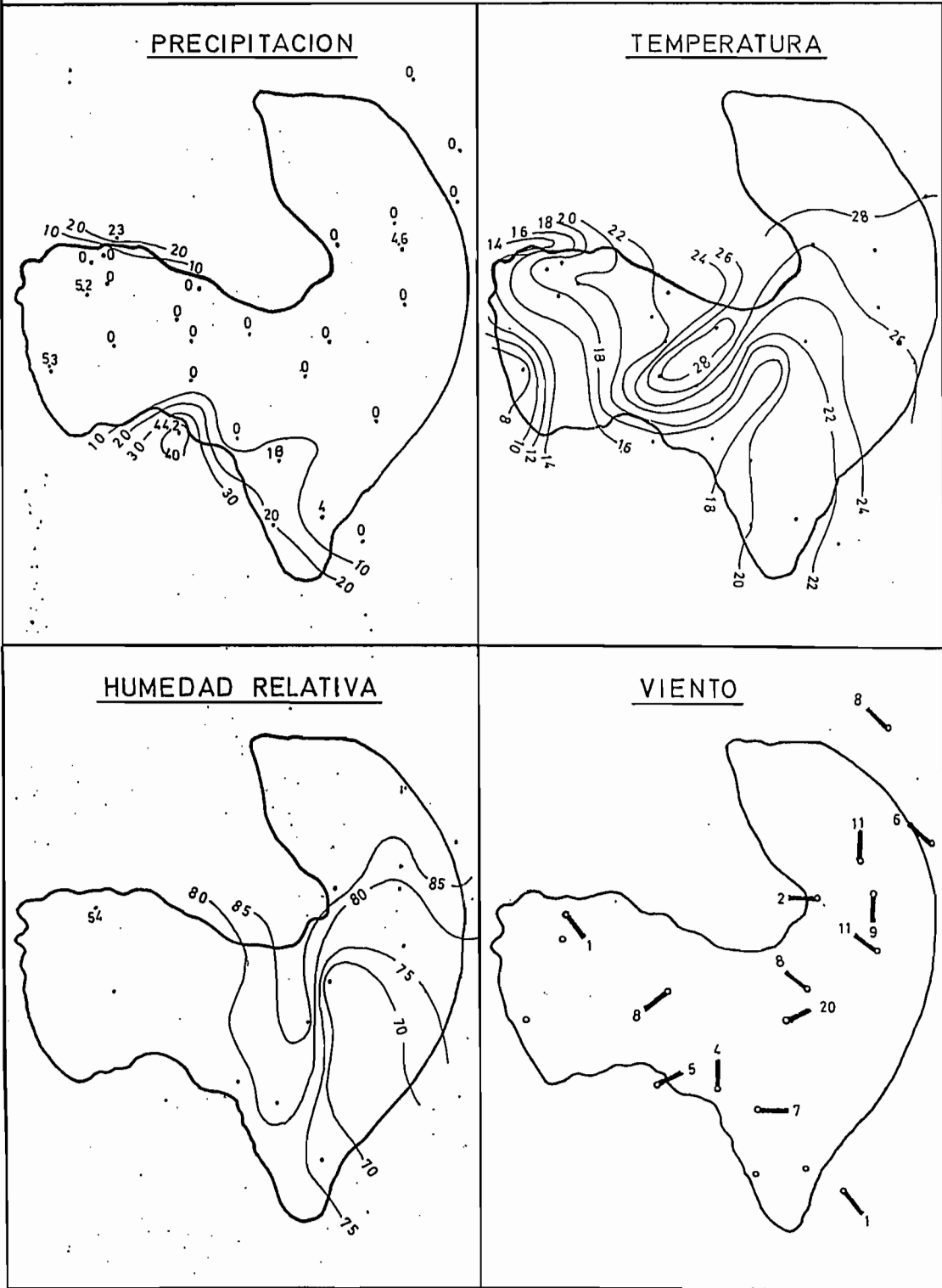
d) Viento. Tal como en el anterior caso; los gráficos V-24 a 30, nos muestran, la dirección y velocidad de los vientos diarios en las distintas estaciones dentro la cuenca.

- Los anteriores criterios podrían constituir elementos de juicio para una descripción general de los fenómenos meteorológicos en la cuenca, debiéndose para ello contar con una estación hidrométrica en Palmira y poder obtener datos cualitativos que sirvan para definir la caracterización meteorológica de la cuenca.

DIA: 9.01.81

MAPAS DE ISOLINEAS

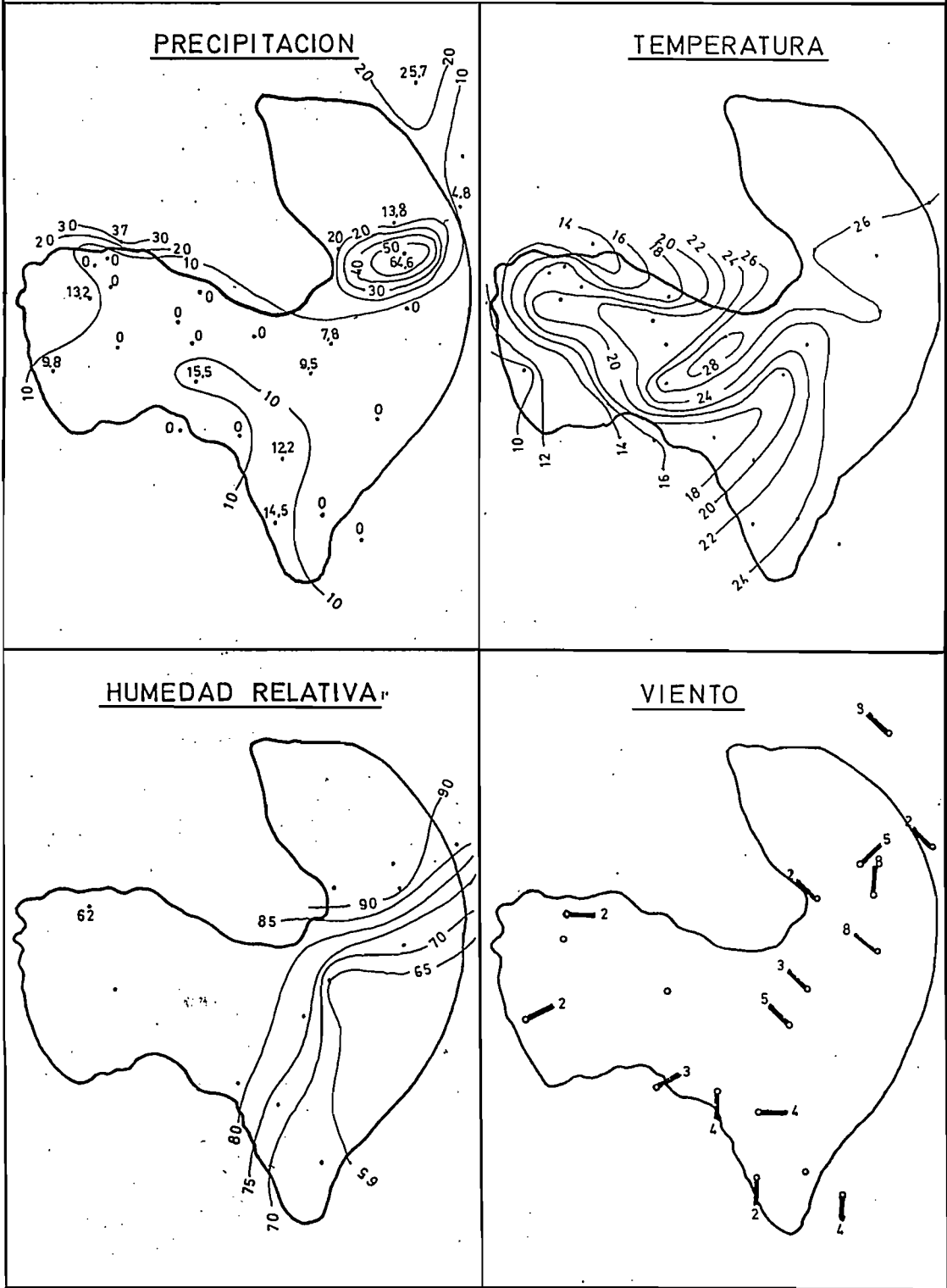
Fig V-24

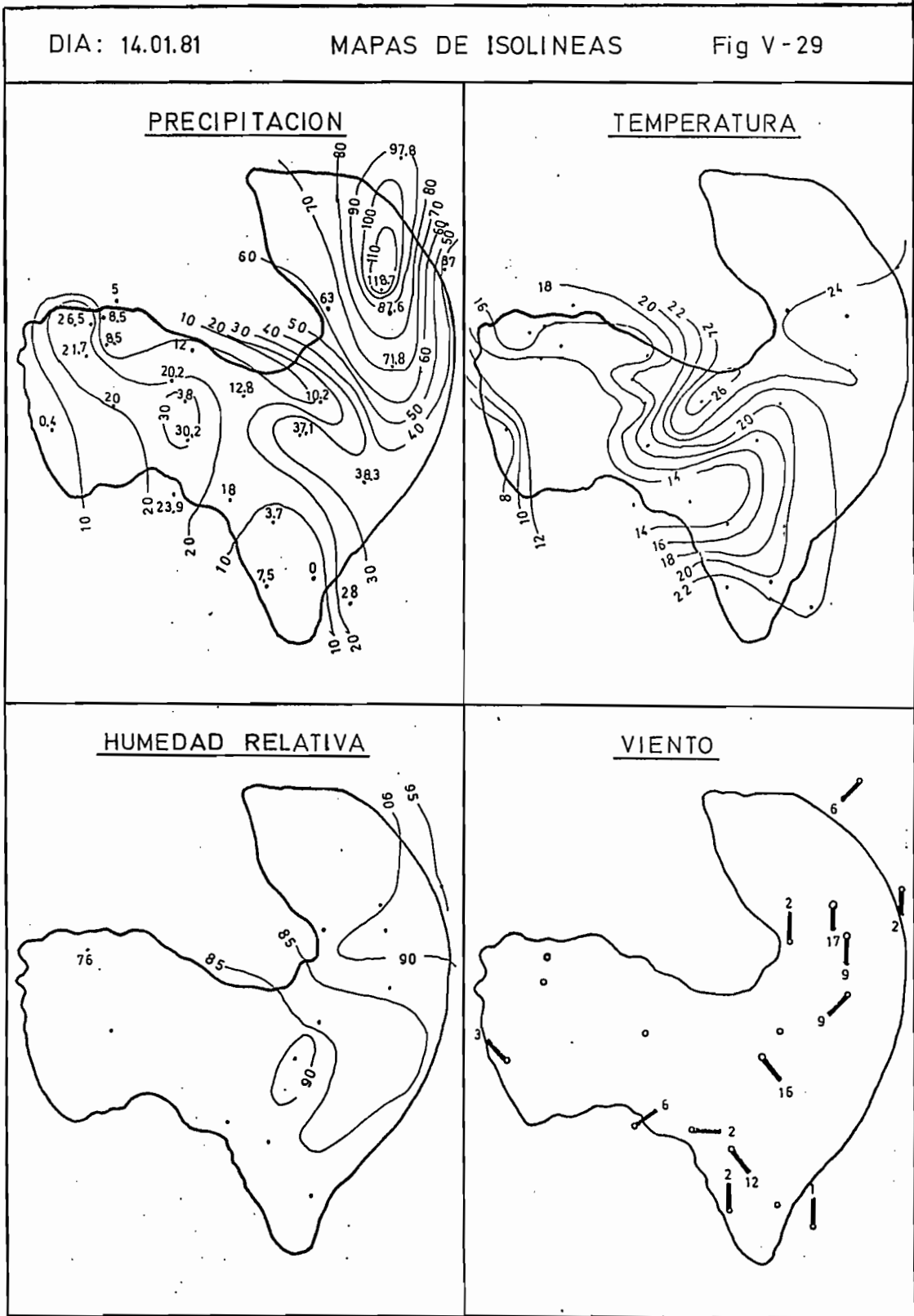


DIA: 13.01.81

MAPAS DE ISOLINEAS

Fig V -28

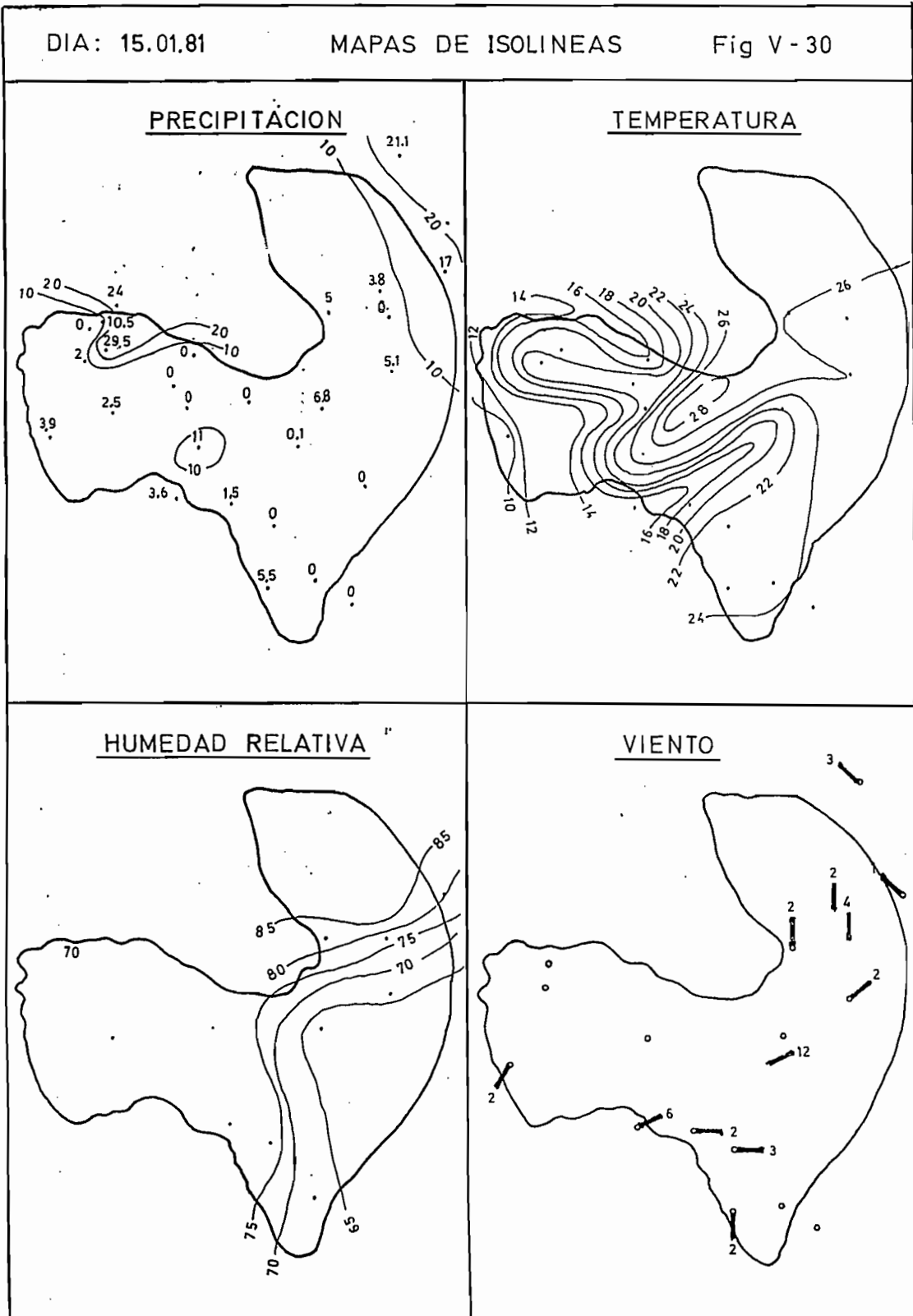




DIA: 15.01.81

MAPAS DE ISOLINEAS

Fig V - 30



CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

En base al estudio realizado, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Zona alta; zona comprendida entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m. La precipitación varía entre 450 y 700 mm/año la estación húmeda se extiende durante 4 meses, de diciembre a marzo con cerca del 80% de la precipitación anual y la sequedad es casi absoluta de mayo a octubre.

El promedio anual de la temperatura media ambiente varía de 15.5 a 19°C; la temperatura máxima promedio anual varía de 26 a 28°C y la mínima de 8 a 10°C.

La humedad relativa anual, es de cerca a 50%.

Los vientos en la zona son por lo general de dirección variable y existiendo gran porcentaje de calmas.

La evapotranspiración potencial es aproximadamente 800 mm/año y la evapotranspiración real de 500 mm/año.

Los cálculos del balance hídrico mostraron que la precipitación no es suficiente para alcanzar las proporciones óptimas de evapotranspiración. Con riego es posible el crecimiento óptimo de los cultivos.

- Zona media; zona comprendida entre los 800 y 2.000 m.s.n.m.:

La precipitación varía entre 630 y 930 mm/año, la estación húmeda se extiende de Diciembre a Marzo, con cerca del 70% de la precipitación total anual, la temporada seca es de Mayo a Septiembre.

La temperatura media ambiente en la zona varía de 18 a 22 °C y la temperatura máxima promedio anual varía de 26 a 28°C y de 12 a 14 °C la mínima promedio.

La humedad relativa está sobre los 50% y puede llegar inclusive a 70%.

La principal dirección del viento es de Noreste y las direcciones secundarias son Norte y Sureste.

La evapotranspiración potencial varía de 800 a 1.200 mm/año.

Al igual que la zona alta, los cálculos del balance hídrico mostraron que la precipitación no es suficiente para alcanzar las

proporciones óptimas de evapotranspiración; por lo que el riego será necesario en la estación seca.

- Zona baja ; Zona comprendida entre los 300 y 800 m.s.n.m.

La precipitación varía entre 1.200 y 2.000 mm/año, la estación húmeda en relación a la seca, ya no es tan marcada como en los anteriores años; lo meses llamados húmedos (Diciembre a Marzo) tienen un 50% de la precipitación total.

La temperatura media varía de 22.5 a 24.5 °C, la temperatura máxima promedio anual varía de 28 a 30 °C y la temperatura mínima de 18 a 19 °C.

La humedad relativa anual, está entre los 70 y 85%.

La principal dirección del viento es el Norte y el Noroeste como viento secundario.

la evapotranspiración potencial varía de 1.300 a 1.600 mm/año y la evapotranspiración real varía de 1.200 a 1.300 mm/año.

Los cálculos del balance hídrico mostraron que el déficit de agua es pequeña (época seca) siendo la precipitación suficiente para alcanzar las proporciones óptimas de evapotranspiración.

Resumiendo, se puede decir que la cuenca tiene un clima donde las condiciones atmosféricas cambian marcadamente con la altura, exposición solar, dirección y latitud en la que se encuentran.

Sus valles o planicies encerradas, y las tierras expuestas a la acción del viento, son climáticamente muy diferentes.

La variación de temperatura es mayor entre el día y la noche que la ocurrida entre la media anual o mensual que no presenta cambios notables.

La estación húmeda, en toda la cuenca abarca el periodo estival y la estación seca es en invierno, siendo más prolongada en la parte alta de la cuenca.

- En el presente proyecto el estudio del clima se la realizó desde un punto de vista descriptivo, es decir, que se llegó a concluir los diversos climas de la región, después de un estudio detallado de las estadísticas de los fenómenos del tiempo.

Interpretar los datos de observación en términos de causa y efecto, puede ser motivo de otro estudio, es decir, estudiar los procesos físicos que originan el clima.

- Entre los distintos sistemas de clasificación climatológica propuestos por varios autores, se ha elegido aquella propuesta por Thornthwaite, por tener este, ventajas sobre los otros procedimientos (Koppen, De Martone), ya que en este método se parte de la influencia de la humedad y la temperatura para el desarrollo vegetal; es decir que este autor ha buscado índices

relativos de humedad y temperatura que expresen el grado favorable para la vida de las plantas en vez de referirse a las escalas pluviométricas y termométricas que toman los otros autores.

- En cuanto al record de datos históricos necesarios para el estudio, se puede decir, que cuanto más larga sea la estadística, mejor será la estimación de parámetros. Los estudios efectuados en otras partes del mundo, indican que 30 años constituye un periodo confiable, pero, como en el país, las estadísticas más largas que se disponen rara vez exceden los 15 años, resultaría ilusorio tratar de realizar el trabajo con esa o mayor cantidad de años.

Por todo lo dicho, por la cantidad de información que se dispone para la totalidad de las estaciones y en forma especial por la simultaneidad de datos, el periodo que se eligió para el estudio fue de 1968 - 1982 (15 años).

- Respecto al análisis cualitativo de eventos máximos, la intención original del presente estudio era materializar un análisis de las mayores crecidas que se presentaron en los últimos años a la salida de la cuenca; pero la falta de una estación hidrométrica que proporcione datos de escurrimiento en la región de palmira, impidió cumplir con este propósito.

En razón de no contar con los mismos, el estudio se limitó al

análisis de dos crecidas coincidentes en las estaciones fluviométricas de Abapó y la Belgica.

- Es de hacer notar, la importancia que cobra el conocimiento del clima; ya que de todos es sabido que no puede planificarse, ni desarrollarse la economía de una región de manera satisfactoria y racional, sinó se cuenta con suficiente y adecuada información básica; de la cual la relativa al clima y al agua ocupan un primerísimo lugar.

6.2 Recomendaciones.

- Se infiere la necesidad de ampliar y perfeccionar las redes meteorológicas e hidrológicas hasta cubrir con una densidad adecuada las varias zonas de la región.

- Realizar una inspección regular de las redes meteorológicas e hidrológicas, y así satisfacer los siguientes objetivos.

- a) Establecer el funcionamiento y calidad de los puestos meteorológicos e hidrológicos.
- b) Determinar zonas aptas para el establecimiento de instrumental, en caso de ser necesario nuevos puestos.
- c) Efectuar una evaluación general sobre las necesidades de renovación de instrumental.
- d) Conocer el interés y capacidad de los observadores.

- Instalar una estación hidrométrica a la salida de la cuenca

(región de Palmira), y así satisfacer la necesidad de contar con datos de escurrimiento en dicho punto.

- Realizar estudios climáticos periódicos (mas o menos cada cinco años) incluyendo además las estaciones que no se toman en cuenta en la presente estudio, por ser de reciente creación, y así en general lograr la caracterización climática periódica de la cuenca.

BIBLIOGRAFIA

1. Linsley R.K. Kohler M.A. Paulhus J.L.H. "Hidrología Para Ingenieros" Ed. Mc.Graw Hill, 1975
2. G. Remenieras "Tratado de Hidrología Aplicada" Editores Técnicos Asociados, S.A. 1974.
3. R. García Agreda y R. Viparelli "Perfil Esquemático del Clima y de la Hidrología en Bolivia"
4. Chevarria G.; Pereira M. "Hidrología de la Cuenca del Rio Grande". Instituto Italo Latino Americano. Nápoles 1974.
5. Mario Pereira "Hidrología de la Cuenca del Rio Grande (Bolivia)" Empresa Nacional de Electricidad S.A. Seminario de Riego para el área de Santa Cruz.
6. Gregorio Ortega "Estudios Hidrológicos del Rio Caine" I parte Estudios Pluviométricos.
7. Bechtel Overseas Inc. "Proyecto Rio Grande-Rositas" Informe de Preinversión, Septiembre de 1975. Anexo B. 3a Hidrología.

8. UNESCO/ROSTLAC "Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur" UNESCO 1982.

9. Emilio Custodio/M. Ramón Llamas "Hidrología Subterránea"
Tomo I Ediciones Omega S.A.
1976.

10. Rafael Heras "Manual de Hidrología"
Tomo I Principios Básicos en Hidrología

11. Durand Francois "Climatología"

12. Nicomedes Rocha "Balances Hídricos en Varias Localidades Bolivianas" La Paz Bolivia 1984.

13. Alberto García "Balance Hídrico del Río Mamoré"
Proyecto de Grado, 1985.

14. Omar Abel Lucero "Tratamiento de la Información de Redes Pluviométricas para Fines Hidrológicos"
INCYTH, Buenos Aires-Argentina 1980.

15. José Rico Negretty "La teoría de las Masas de Aire y los Frentes en Sud América" La Paz-Bolivia.

16. Proyecto Hidrometeorológico Centro Americano "Estudios Hidrológicos" Publicación Nº 140, Managua Nicaragua 1977.

17. Richmond W. Longley "Tratado Ilustrado de Meteorología" Editorial Santander.

* Datos Meteorológicos de los Archivos de la Dirección de Meteorología e Hidrología. Central La Paz y Regional Cochabamba.

P H I C A B

LISTE DE TRAVAUX

SEPTEMBRE 1986

- 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, PHICAB. Goupil 3 Flex 9 Basic 8" ploter. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 21 p.
- ESPINOZA OF (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Beni. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH Tesis UMSA, 181p.
- GARCIA WA (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Mamoré. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH Tesis UMSA, 110 p.
- 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.
- 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, CANEDO M (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 offs
- 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.
- 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 Ecologia 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-IHH ,36p. I
- RONCHAIL J (1986). Situations atmosphériques et températures comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie - Bolivie. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA-IHH , 40 p.
- RUBIN DE CELIS L, ROCHE MA (1985). Programas informaticos para el procesamiento de datos hidrométricos básicos PHICABHQ. Goupil3 Flex9 BASIC 8" ploter. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 58 p.