

ORSTOM

IHH-UMSA

PHICAB

IIQ-UMSA

SENAMHI

HIDROBIOLOGIA-UMSA

## REGIMEN TERMICO DE LOS RIOS DE BOLIVIA



de Gabriel WASSON, Jean-Louis GUYOT, Claude DUROCK, Michel Aïme-ROCHE

ORSTOM  
I H H - U M S A   **PHICAB**   I I Q - U M S A  
S E N A M H I  
H I D R O B I O L O G I A - U M S A

## REGIMEN TERMICO DE LOS RIOS DE BOLIVIA

Jean Gabriel WASSON (1)  
Jean Louis GUYOT (2)  
Claude DEJOUX (1)  
Michel Alain ROCHE (2)

ORSTOM, C.P. 8714, La Paz, Bolivia.

La Paz, Bolivia.

Septiembre 1989.

(1) : Convenio Hidrobiología (O.R.S.T.O.M. - U.M.S.A.)  
(2) : Programa PHICAB (O.R.S.T.O.M. - S.E.N.A.M.H.I. - U.M.S.A.)

## CONTENIDO

Resumen

Résumé

Abstract

1. Introducción

2. Origen y procesamiento de los datos

2.1. Estaciones permanentes

2.2. Estaciones ocasionales

3. Regimen climatológico global

4. Resultados

4.1. Altiplano y cuenca del Río La Paz

4.1.1. Estaciones permanentes

4.1.2. Estaciones ocasionales

4.2. Cordillera Real, cuenca del Lago Titicaca

4.2.1. Estaciones permanentes

4.2.2. Estaciones ocasionales

4.3. Cordillera Real, cuenca Amazónica (Yungas)

4.3.1. Estaciones permanentes

4.3.2. Estaciones ocasionales

4.4. Valles sub-andinos, cuenca Amazónica (Yungas, Alto-Beni)

4.5. Cordillera de Tunari, cuenca Amazónica (Chapare)

4.6. Planicie del Beni, cuenca Amazónica (llanos)

4.7. Síntesis de los resultados

5. Conclusiones

6. Agradecimientos

7. Bibliografía



## RESUMEN

Se ha creado un banco de datos de temperatura de los ríos de Bolivia, a partir de la recolección de medidas efectuadas por diversas redes y organismos, abarcando los Andes, el Altiplano y la cuenca Amazónica.

La interpretación de estos datos ha permitido distinguir ecosistemas acuáticos de regímenes térmicos diferentes, y comparar estos resultados por cuencas, con las diversas tipologías y clasificaciones de aguas ya existentes.

Palabras-Clave : Bolivia, Andes, Altiplano, Amazonia, Temperatura, Hidrología.

## RESUME

Une banque de données de température des cours d'eau boliviens a été créée, à partir de la collecte de mesures effectuées par différents réseaux et organismes, couvrant à la fois les Andes, l'Altiplano et le bassin Amazonien.

L'interprétation de cette information a permis de distinguer des écosystèmes aquatiques aux régimes thermiques différents, et de comparer ces résultats par bassins, aux diverses typologies et classifications des eaux déjà existantes.

Mot-clés : Bolivie, Andes, Altiplano, Amazonie, Température, Hydrologie.

## ABSTRACT

A temperature data bank of Bolivians streams has been created from the collection of measures made by different networks and institutions, covering at the same time the Andes, the Altiplano and the Amazonian drainage basin.

This information's interpretation has permitted to distinguish aquatic ecosystems with different thermic regimes. Those results by catchments, are compared with varied water typologies and classification already existing.

Key-Words : Bolivia, Andes, Altiplano (Highlands), Amazonia, Temperature, Hydrology.



## 1. - INTRODUCCION -

La temperatura del agua es un factor ecológico fundamental, tanto en los ríos como en la mayoría de los medios, y su medición es muy sencilla.

La mayoría de los sistemas de zonificación o de clasificación de aguas corrientes incluyen parámetros térmicos (WASSON, in press). Sin embargo, el rol desempeñado por el factor temperatura en los fenómenos de zonificación es aún discutible, sobre todo en lo que se refiere a su importancia relativa con respecto a los factores morfodinámicos.

El sistema de zonificación de ILLIES y BOTOSANEANU (1963) sugiere una ligazón entre un límite térmico y un cambio morfológico para separar las zonas Rhitron y Potamon. Sin embargo, numerosas controversias surgen cuando se trata de regiones tropicales, para las cuales ILLIES (1961) estableció un esquema general a partir de observaciones más que limitadas (ILLIES, 1964).

Recientemente, STATZNER y HIGLER (1986) propusieron un sistema que utiliza únicamente los parámetros hidráulicos y morfológicos para explicar, a la escala del globo, la zonificación de las especies de invertebrados bénticos. Para estos autores, la temperatura no desempeña más que un rol secundario en este fenómeno.

Esta teoría va en contra de las conclusiones de VANNOTE y SWEENEY (1980) que consideran que la intervención de la temperatura en la distribución altitudinal y biogeográfica de poblaciones de insectos acuáticos es determinante. Esta hipótesis dió origen a uno de los postulados de base del "River Continuum Concept" (VANNOTE et al., 1980).

El objetivo del presente trabajo es entonces el de describir, en una región tropical donde las situaciones son particularmente contrapuestas, los regímenes térmicos de los cursos de agua en la óptica de una confrontación ulterior con los datos biológicos. Las observaciones servirán igualmente para verificar la validez, para esta región, de ciertas hipótesis, elaboradas a partir de observaciones en zona temperada y, a veces, generalizadas a la escala del globo sin más precauciones.

Insistiremos sobre los parámetros considerados como particularmente importantes en biología y ecología acuática, es decir, por una parte los niveles de temperaturas medias y máximas observadas y, por otra, la amplitud de las fluctuaciones térmicas diarias y anuales.

# PHICAB

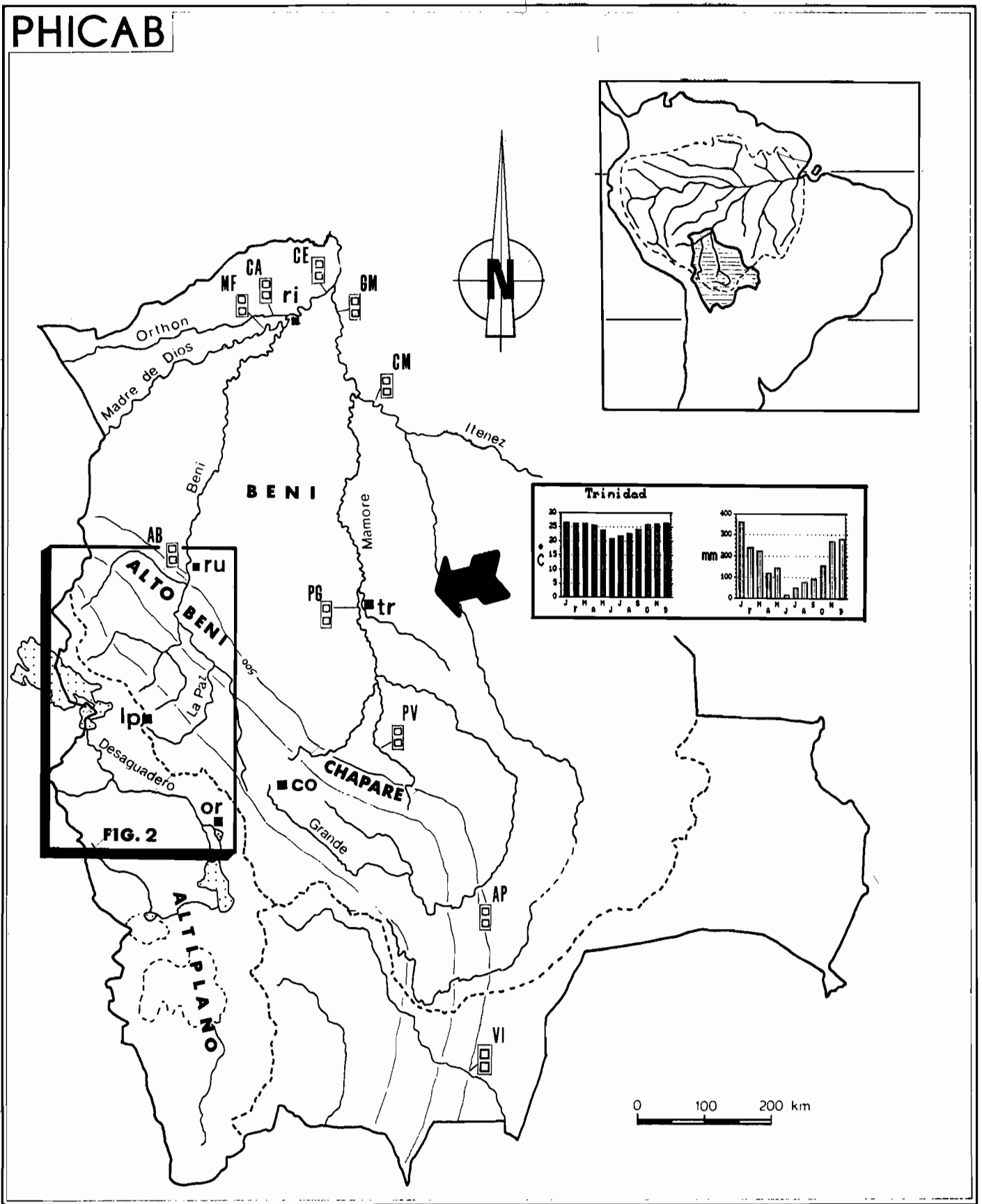


Figura 1 : Ubicación de las estaciones de la red PHICAB-SENAMHI en los llanos, co = Cochabamba, lp = La Paz, or = Oruro, ri = Riberalta, ru = Rurrenabaque. Ver cuadro 1 por los codigos.



## 2. - ORIGEN Y PROCESAMIENTO DE DATOS -

### 2.1. - Estaciones permanentes -

16 estaciones fueron objeto de más de 100 medidas diarias de la temperatura del agua, cubriendo la estación húmeda y la estación seca (cf. Cuadro I).

Seis de estas estaciones, localizadas en el Altiplano, en la Cordillera Oriental y la cuenca del Río La Paz (Figuras 2 y 3), fueron observadas en el marco de un programa relativo a la tipología de los ríos de altura en la región de La Paz (WASSON & MARIN, in press). Las temperaturas fueron medidas cotidianamente, ya sea con termómetros mini-maxi sumergidos permanentemente, ya sea a través de dos medidas efectuadas la una en la mañana, antes de la salida del sol y, la otra, por la tarde; estas medidas serán consideradas como las temperaturas mínimas y máximas. El promedio y la diferencia diaria son calculados a partir de estos dos datos diarios.

Las otras diez estaciones, situadas a la salida de los Andes y en la planicie del Beni (Figura 1), pertenecen a la red del PHICAB (Programa Hidrológico y Climatológico de la Cuenca Amazónica de Bolivia) y del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). Las medidas corresponden a temperaturas diurnas pero, teniendo en cuenta la inercia térmica de estos ríos, cuyos caudales medios anuales son de 300 a 10000 m<sup>3</sup>/s, pueden ser consideradas como valores medios. En ciertas estaciones, donde la cronología de datos es suficientemente regular, las fluctuaciones sobre 24 horas fueron estimadas a través de las diferencia de medidas observadas día a día.

En todos los casos, una cierta heterogeneidad de los datos está ligada a la dificultad de encontrar observadores fiables.

### 2.2. - Estaciones ocasionales -

En ciertos sectores, objeto de un muestreo físico-químico o biológico regular, medidas de temperaturas mensuales en estaciones próximas permiten reconstituir un régimen térmico anual simplificado; se trata de los valles de Hichu Khota, de los ríos Zongo y Coroico (Yungas) y del Chapare.

Finalmente, numerosas estaciones situadas en el Altiplano, la Cordillera Oriental o el Alto Beni fueron objeto de medidas térmicas ocasionales. Estas observaciones dan una idea de las temperaturas susceptibles de ser encontradas en una región dada, y permiten evaluar la variación de la temperatura en función de la altitud sobre la vertiente amazónica de la Cordillera Oriental.

En total, los resultados que siguen representan la síntesis de más de 8200 medidas de temperatura efectuadas en el curso de varios años, en ríos repartidos en el conjunto del territorio boliviano, entre 5000 m y 120 m de altura, y entre 10° y 21° de

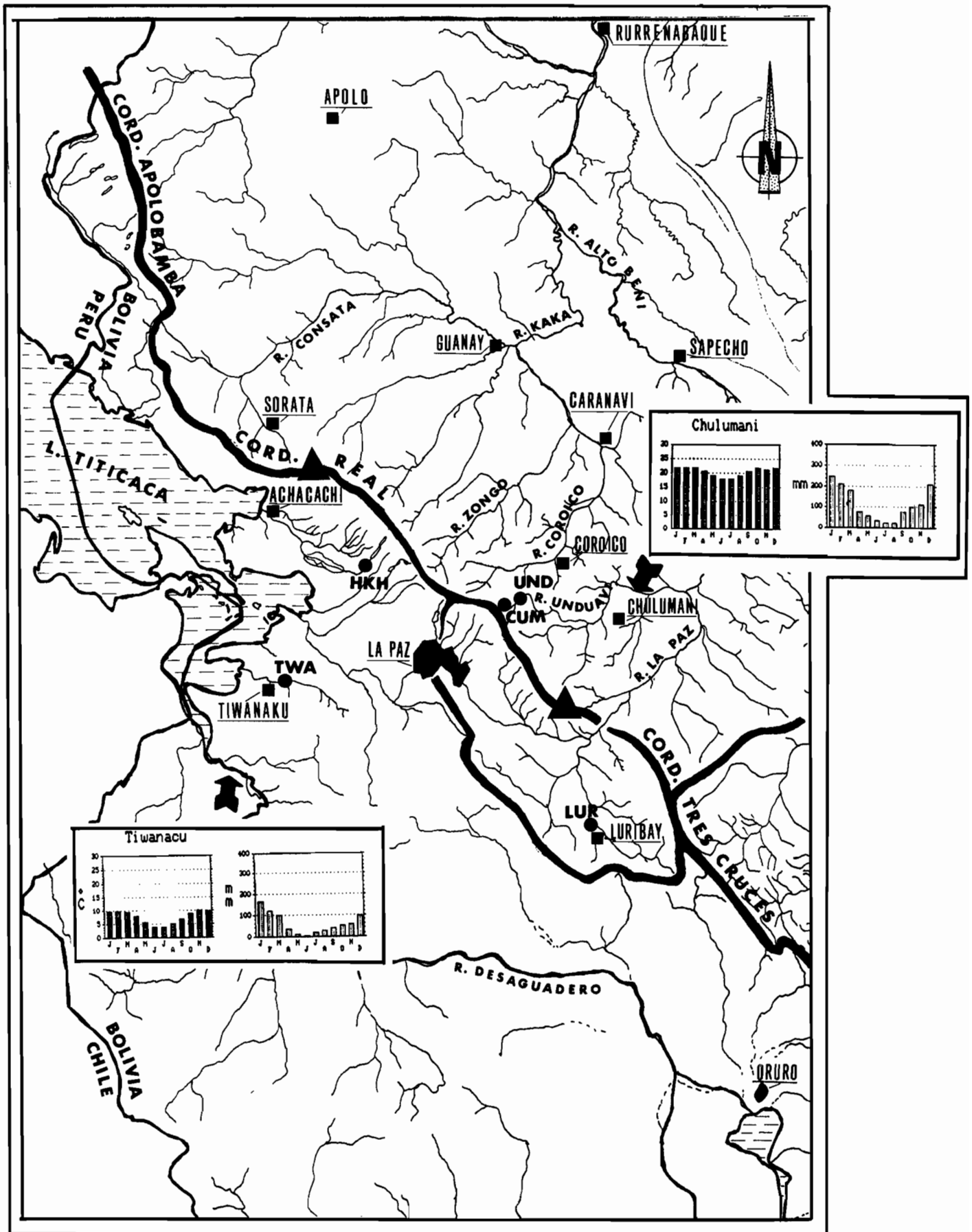


Figura 2 : Ubicación de las estaciones de la región de La Paz. Ver cuadro 1 por los códigos.

1 A) Region de La Paz

<u>Codigo</u>	<u>Estacion</u>	<u>Alt.</u>	<u>Ubicación</u>	<u>No. obs</u>	<u>Periodo</u>
TWA	Tiwanacu	3820	Altiplano norte	340	01-12/88
LUR	Luribay	2600	Valle intra-andina	344	12/87 - 12/88
	Hichu-Khota		Cordillera Oriental		
HKH1	Estacion 1	4300	vertiente Titicaca	191	08/87 - 02/88
HKH2	Estacion 2	4330	Rio Jacha Jahuira	189	11/87 - 05/88
CUM	Cumbre	4150	Cordillera Oriental	210	08/88 - 02/89
UND	Unduavi	2900	Vertiente Amazónica Río Unduavi	307	01-12/88

1 B) Pie de monte Andino y Béni

<u>Codigo</u>	<u>Estacion</u>	<u>Rio</u>	<u>N° obs.</u>	<u>Periodo</u>	<u>Instit.</u>
AB	Angosto del Bala	Rio Alto-Béni	387	09/75 - 03/88	SEN/PHI
PV	Puerto Villaruel	Rio Ichilo	313	06/84 - 03/87	PHICAB
AP	Abapo	Rio Grande	413	04/83 - 03/87	PHICAB
VI	Villamontes	Rio Pilcomayo	126	05/81 - 05/82	SENAMHI
CA	Caracoles	Rio Orthon	372	06/86 - 06/88	PHICAB
CM	Campamento Moré	Rio Itenez	542	01/87 - 06/88	PHICAB
MF	Miraflores	Rio Madre de Dios	807	04/85 - 03/88	PHICAB
CE	Cachuela Esperanza	Rio Béni	788	07/85 - 06/88	PHICAB
PG	Puerto Ganadero	Rio Mamoré	301	02/86 - 03/88	PHICAB
GM	Guayaramerin	Rio Mamoré	242	11/87 - 06/88	PHICAB

1 C) Est. Ocasionales

<u>Región</u>	<u>N° est.</u>	<u>N° obs.</u>	<u>Periodo</u>
Valle de Hichu-Khota	5	70	06/85 - 07/86
Valle del Rio Zongo	4	49	07/85 - 07/86
Valle del Rio Coroico	19	216	04/83 - 12/85
Chaparé	8	40	08/83 - 01/86
Cordillera Oriental	-	86	83 - 88
Cordillera de Cochabamba	-	27	07-09/88
Altiplano	-	193	83 - 88
Alto Béni	-	94	83 - 88

Cuadro 1 : Origen de los datos y localización de las estaciones de medidas.

latitud Sur. Las regiones prospectadas van desde el desierto de altitud del Altiplano Sur hasta la selva amazónica, pasando por los valles semi-áridos andinos y las vertientes hiper-húmedas de la Cordillera Oriental.

### 3. - REGIMEN CLIMATOLOGICO GLOBAL -

La región de La Paz (Figura 2), vertiente Oeste (Altiplano) o Este (Yungas) de la Cordillera Real, está sometida al mismo régimen pluviométrico, de origen atlántico (RONCHAIL, 1985), con una tendencia general a la disminución de las precipitaciones del Norte hacia el Sur (MONTES DE OCA, 1982). La parte alta de los valles tropicales húmedos (Yungas, Chapare...) puede recibir hasta 6000 mm de agua por año (ROCHE & ROCHA, 1985). Los datos de dos estaciones climatológicas del SENAMHI, para el período 1968-1982, Tiwanacu sobre el Altiplano (LOZADA, 1985) y Chulumani en los Yungas (ESPINOZA, 1985) pueden observarse en la Figura 2. Para la planicie del Beni, son los datos de Trinidad del período 1983-1987 (GUYOT, CORBIN & al., in press) los que se utilizaron (Figura 1).

Los histogramas de precipitación mensual muestran la existencia de una estación de lluvias bastante marcada (de Diciembre a Marzo), sobre el conjunto de las estaciones. La pertenencia al mismo régimen climatológico, a pesar de diferencias importantes en valor absoluto (24.6°C en Trinidad y 7.6°C en Tiwanacu) es visible en los diagramas de temperatura mensual. Los meses más fríos (de Mayo a Agosto) son también los más secos.

Esto tendrá por consecuencia una homogeneidad de los regímenes hidrológicos en el conjunto de las cuencas estudiadas, con crecidas frecuentemente observables de Diciembre a Marzo y un período de estiaje de Junio a Octubre (ROCHE & FERNANDEZ, 1988; GUYOT, BOURGES & al., 1988; GUYOT, BOURGES & al., in press; GUYOT, ROCHE & al., 1989).

### 4. - RESULTADOS -

Los resultados son presentados en los Cuadros 2 a 5 y las Figuras 4 a 13, para cada categoría de estaciones y en función de los datos disponibles. Los hechos destacables están subrayados región por región.

#### 4.1. - Altiplano y Cuenca del Río de La Paz -

##### 4.1.1. - Estaciones permanentes -

El Río Tiwanacu, tributario del Lago Titicaca, es representativo de los pequeños ríos permanentes, sinuosos y lentos, del Altiplano Norte. El Río Luribay, afluente del Río La Paz, representa los valles semi-áridos intra-andinos, donde los cursos de agua, muy irregulares, desarrollan cauces trenzados extremadamente anchos.

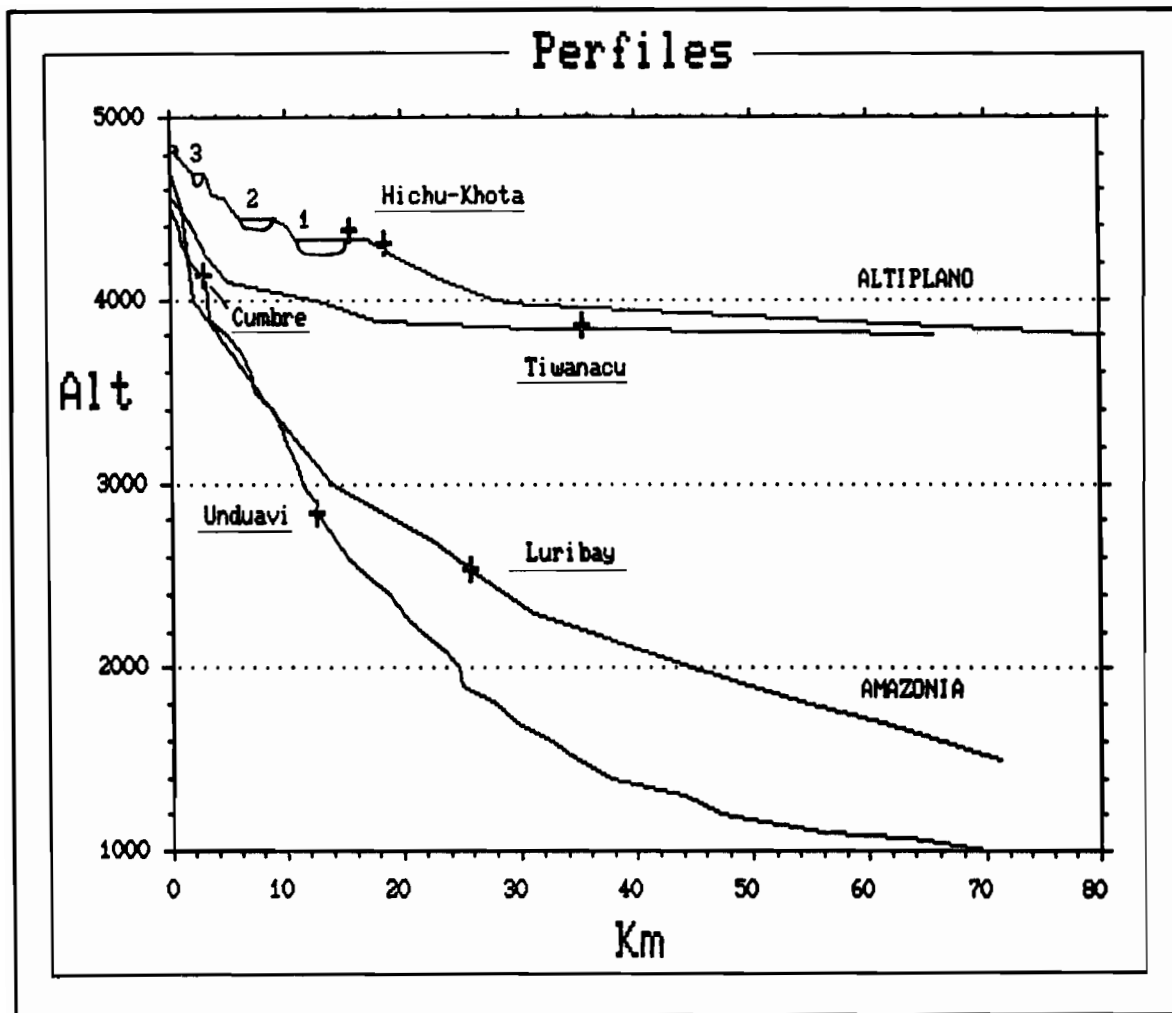


Figura 3 : Perfiles longitudinales de los ríos de la región de La Paz.

Estaciones	TWA	LUR	HKH 1	HKH 2	CUM	UND
<b>PROMEDIOS</b>						
promedio anual (a)	11.1	15.8	9.4	9.7	7.7	10.9
mínimo (b)	4.5	8.5	5	6.5	4.25	9
máximo (c)	16.5	23.5	13.75	12.25	10.1	13.5
superado 5 % (d)	5.2	10.7	6.1	7.7	4.8	9.8
no superado 95 % (e)	14.2	20.6	11.3	11.3	9.3	12.5
máxi. promedio 7 días (g)	5.8	10.3	6.4	7.6	4.6	9.5
míni. promedio 7 días (h)	15.3	22.4	11.2	11.3	9.6	12.8
<b>MAXIMAS</b>						
promedio anual (i)	11.5	19.1	11.3	11.1	11.2	11.6
máxi. absoluto (j)	22	30	21	14	15.5	17
máxi. promedio 7 días (k)	19.4	29.4	15.6	12.5	14.4	14.1
no superado 95 % (l)	19	25	16	13	14	14
no superado 80 % (m)	18	21	12	12	13	12
<b>MINIMAS</b>						
promedio anual (n)	6.7	12.5	7.4	8.4	4.2	10.3
míni. absoluto (o)	0	4	0	3	0	8
míni. promedio 7 días (p)	1	6	3.4	5.6	0.4	9.1
superado 5 % (q)	1	6	2	5	0	8
superado 20 % (r)	4	9	4	6	1	9
<b>DIFERENCIAS DIARIAS</b>						
promedio anual (s)	8.8	6.7	3.9	2.7	6.9	1.3
máxi. absoluto (t)	15	14	16.5	7	14.8	7
míni. absoluto (u)	0	2	0	0	1.5	0
máxi. promedio 7 días (v)	12	14	11.1	5.6	13.4	2.7
no superado 95 % (w)	12	10	9	6	12	3
no superado 80 % (x)	11	8	6	4	8	2
<b>AMPLITUD ANUAL</b>						
Diferencias entre promedios						
dif. absoluta (c) - (b)	12	15	8.75	5.75	5.85	4.5
dif. frec. 10 % (e) - (d)	9	9.9	5.2	3.6	4.5	2.7
dif. promed. 7 d. (h) - (g)	9.5	12.1	4.8	3.7	5	3.3
dif. intercuartil (f)	3.5	3.5	2	1.5	1.9	1
Diferencias entre mínimas y máximas						
dif. absoluta (j) - (o)	22	26	21	11	15.5	9
dif. promed. 7 d. (k) - (p)	18.4	23.4	12.2	6.9	14	5
dif. frec. 10 % (l) - (q)	18	19	14	8	14	6
dif. frec. 40% (m) - (r)	14	12	8	6	12	3

**Cuadro 2 :** Temperaturas medidas (°C) en las estaciones permanentes de la región de La Paz (cf. Cuadro I). - (g), (h), (k), (p), (v) : valores mínimos y máximos de los promedios móviles sobre 7 días para la variable considerada. - (d), (e), (l), (m), (q), (r), (w), (x) : valor de la temperatura correspondiente aproximadamente a los percentiles (frecuencia acumulada) 5%, 20%, 80% ó 95% para la variable considerada.

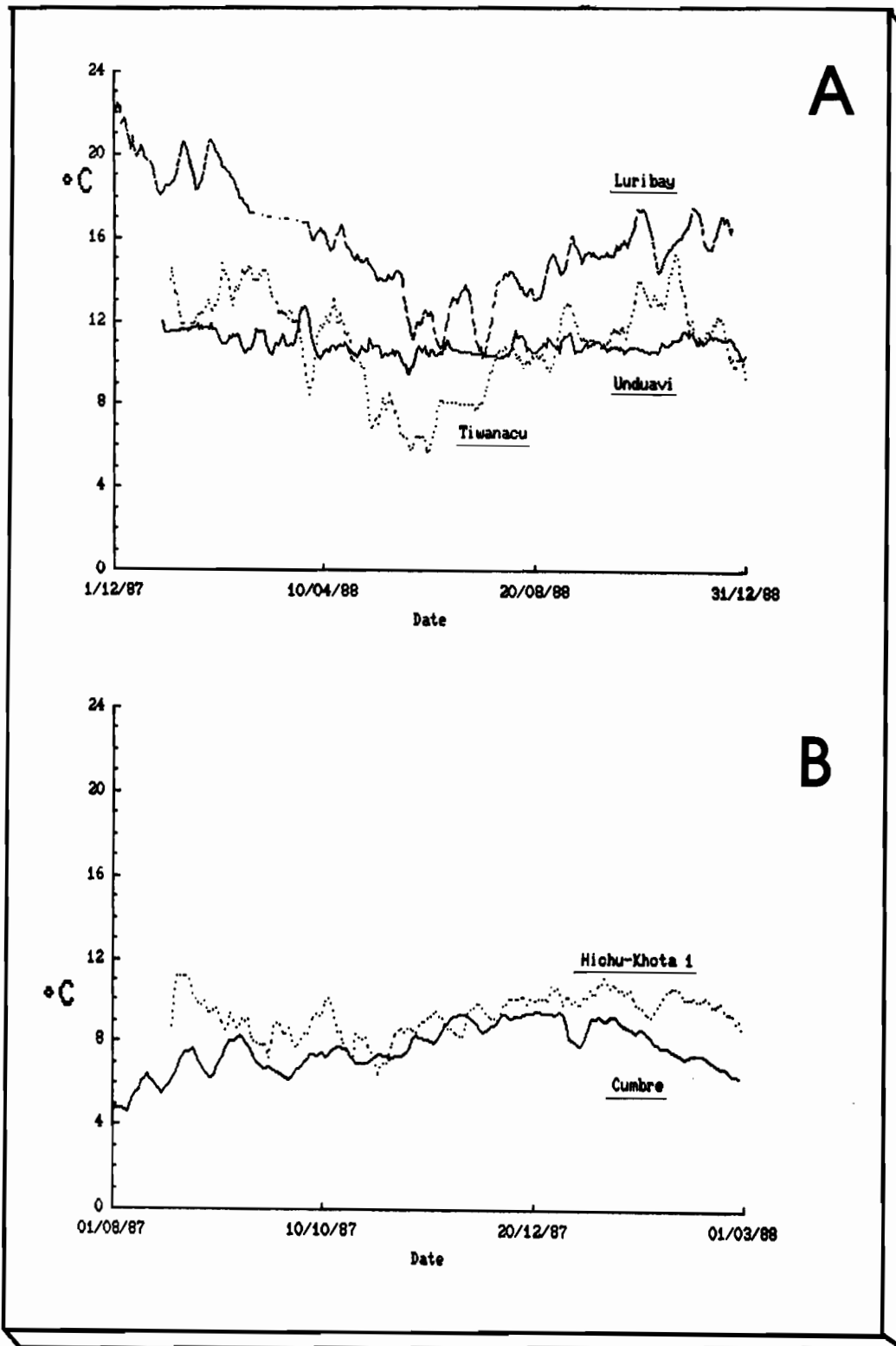


Figura 4 : Promedios móviles sobre 7 días de las temperaturas medias diarias (°C). Estaciones permanentes de la región de La Paz (1987-1988).

Estas dos estaciones, siguen una evolución estacional muy similar (Figura 4) pero con una diferencia de 4.7°C en promedio, para una diferencia de altitud de 1200 m. La temperatura media en Tiwanacu es de 11.1°, sea 3.5° más que la temperatura del aire, lo que corresponde aproximadamente a la temperatura a 35 cm de profundidad en el suelo (VACHER, com. pers.). Las máximas sobrepasan los 19° en Tiwanaku y alcanzan los 25 a 30° en Luribay (Figura 5).

La principal característica de la estación de Tiwanacu reside en la amplitud y la regularidad de las diferencias térmicas diarias : 8.8° en promedio y más de 11° un día sobre cinco (Cuadro II). La evolución estacional de estas diferencias, relacionada a la valor mediana (Figura 6), revela claramente la influencia de las estaciones ; las diferencias más débiles se dan durante la estación de lluvias, de Enero a Marzo, mientras que las fuertes variaciones se producen durante la estación seca, como consecuencia de una muy fuerte insolación y de un enfriamiento nocturno muy marcado (período de helada invernal) que actúa sobre caudales reducidos. La amplitud térmica anual es del orden de los 9° sobre las temperaturas medias diarias pero de 18° entre las mínimas y las máximas.

En Luribay, las diferencias diarias son menos elevadas que en el Altiplano (6.7° en promedio, y 8° un día sobre cinco), si bien las diferencias máximas son del mismo orden (14°). Por el contrario, la amplitud térmica anual es más elevada : 10 a 12° en promedio, y 19 a 23° entre las mínimas y las máximas (Cuadro II). Las diferencias diarias superiores al promedio se concentran igualmente en invierno pero, los valores más elevados fueron medidos durante el mes de Diciembre 87, particularmente caliente y seco (Figura 6).

#### 4.1.2 - Estaciones ocasionales -

Las temperaturas medidas en las estaciones ocasionales son diurnas, generalmente próximas al máximo del día. El Cuadro III presenta un resumen estadístico de los valores 0 máximos registrados en varias estaciones, para las 4 principales subcuencas del Altiplano.

Los valores menos elevados aparecen, lógicamente, en la cuenca del Salar de Coipasa, más al Sur, y en la cuenca del Lago Titicaca cuyos cursos de agua provienen, en su mayoría, de la Cordillera Oriental.

En el Altiplano central, donde la mayoría de los ríos tienen caudales extremadamente reducidos en estación seca (algunos litros o fracciones de litros por segundo), las temperaturas de 21 a 25° no son raras ; el máximo de 32° (medido en Diciembre 87) constituye una excepción. Como la mayoría de estos ríos se congelan en superficie durante la noche, durante toda la estación de invierno, diferencias diarias del orden de los 15 a 20°, no deben ser excepcionales en esta región.



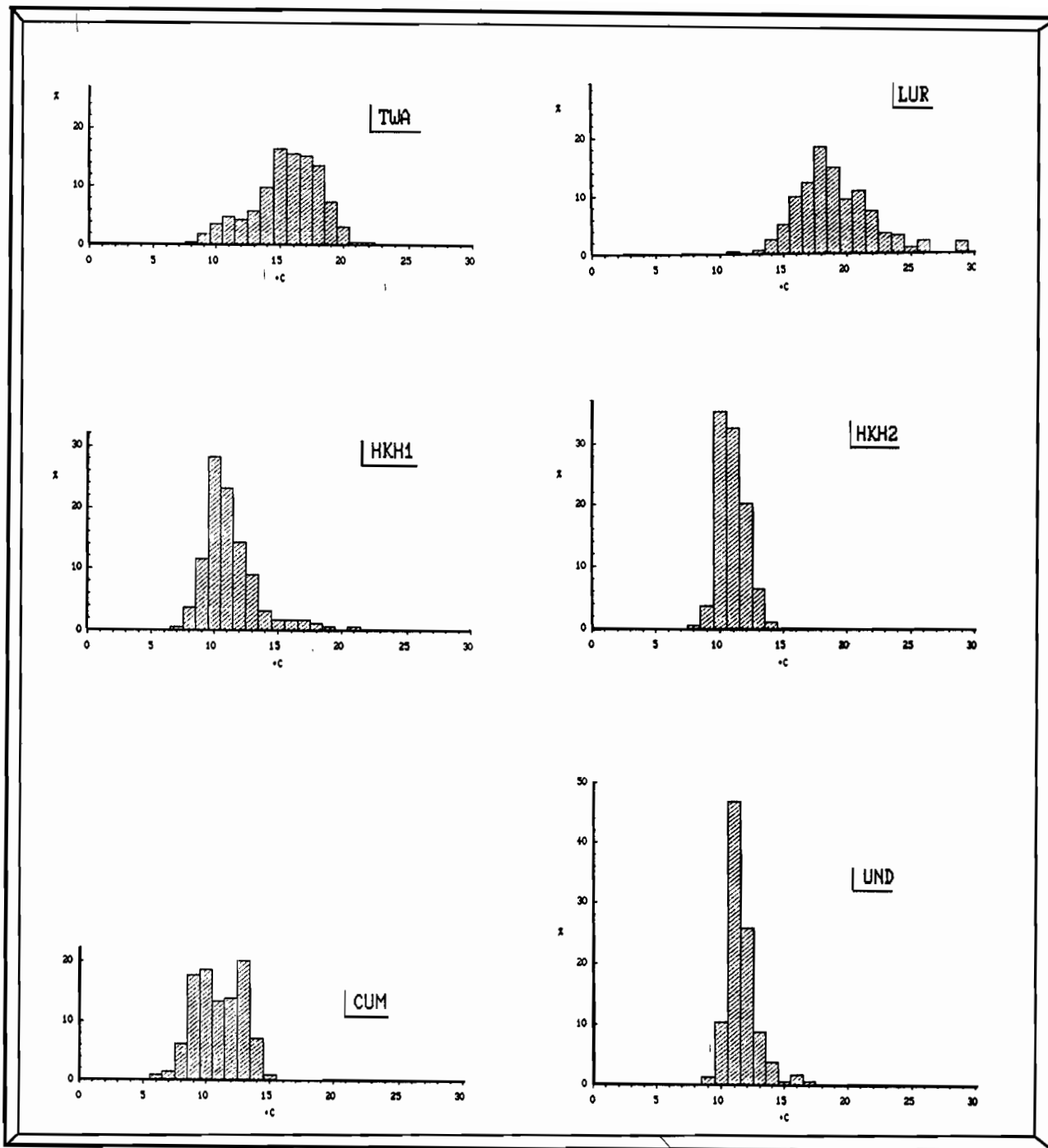
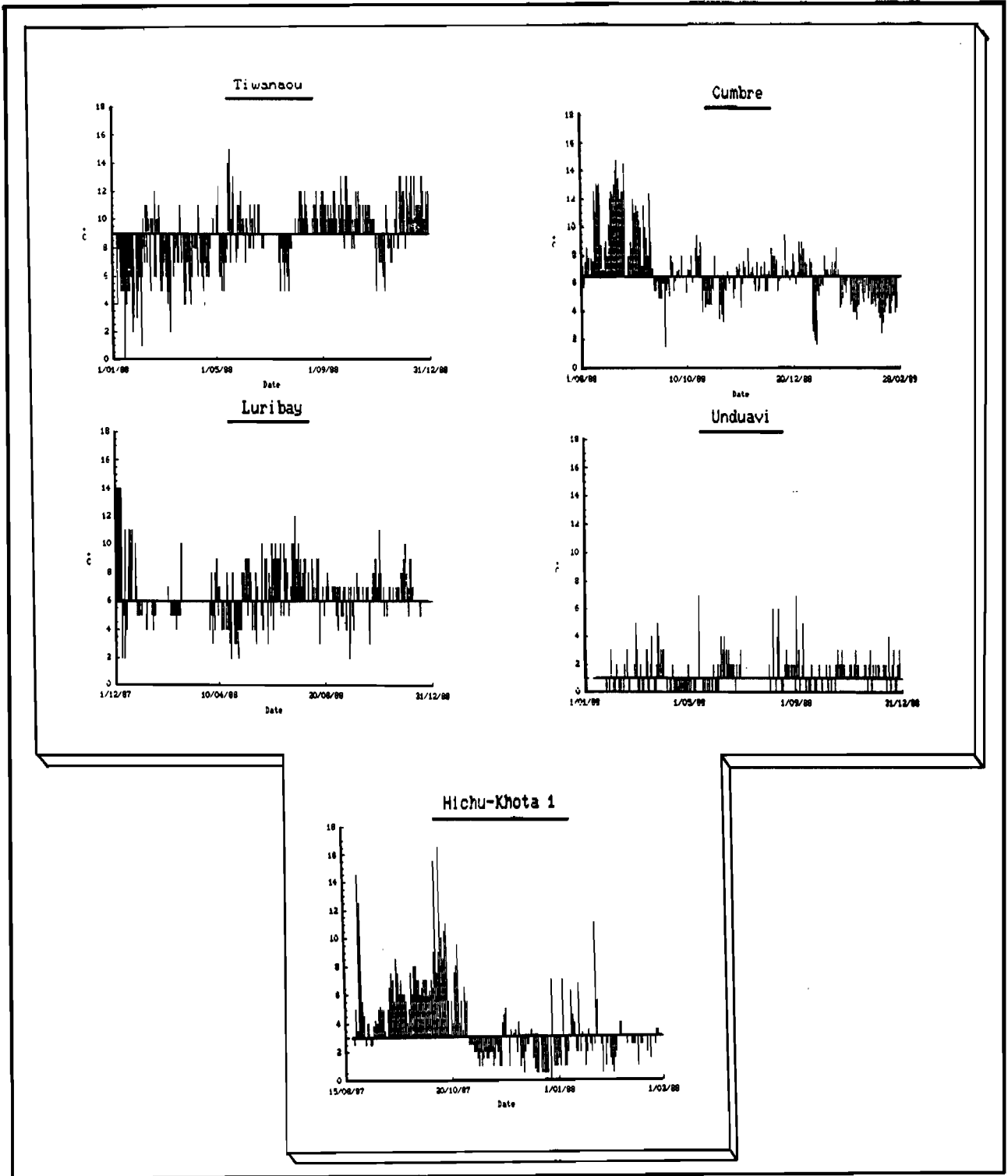


Figura 5 : Distribución de las temperaturas máxima (°C). Estaciones permanentes de la región de La Paz (1987-1988).



**Figura 6 :** Evolución de las diferencias diarias de temperatura (°C) sobre la mediana. Estaciones permanentes de la región de La Paz (1987-1988).

## 4.2. - Cordillera Real, cuenca del Lago Titicaca -

### 4.2.1. - Estaciones permanentes -

La evolución de las temperaturas en esta vertiente es ilustrada por el ejemplo de un torrente tomando el valle llamado Hichu Khota. Este río nace de un pequeño lago al pie de un glaciar, hacia los 4900 m de altura, y desciende a un valle glaciar característico, atravesando 3 lagunas cada vez más grandes. A la salida de la última (lago 1), el torrente se pierde en un rellano pantanoso llamado Hichu Khota, facies muy característico de todos los valles andinos de esta vertiente; reuniéndose luego en el Altiplano y vertiéndose en el Lago Titicaca (figura 3).

Las estaciones permanentes HKH1 y HKH2 están situadas respectivamente a la salida del rellano Hichu Khota y a la salida del lago 1. La temperatura media, aproximadamente igual en las dos estaciones ( $9.5^{\circ}$ ), es  $1.5^{\circ}$  inferior a la de Tiwanacu, por una diferencia de altura de 500 m. Sin embargo, la variación estacional es mucho menos marcada que sobre el Altiplano (Fig. 4), la amplitud térmica anual de la estación HKH1 siendo inferior, de alrededor de  $4$  a  $6^{\circ}$ , a la de Tiwanacu. Si se comparan las diferencias diarias de estas 2 estaciones (Cuadro II), se constata que las diferencias máximas medidas son del mismo orden de magnitud, pero que el promedio de las diferencias es mucho más débil en Hichu Khota. La Figura 6 revela, en efecto, una brusca inversión del comportamiento térmico al inicio de estación de lluvias (Nov. 87), las diferencias máximas corresponden a días muy soleados al final de la estación seca. Como la pluviosidad es más elevada, y la nebulosidad más frecuente en la Cordillera que en el Altiplano, es probable que la estación correspondiente a las grandes diferencias térmicas sea más corta en la Cordillera, explicando así el promedio más débil de estas diferencias.

Las diferencias entre las estaciones 1 y 2 de Hichu Khota conciernen esencialmente, los valores extremos siendo eliminados, a las diferencias de temperatura tanto para las mínimas como para las máximas. El lago tiene, normalmente, un papel de volante térmico, mientras que el rellano pantanoso se comporta más bien como un intercambiador de calorías.

Estas dos estaciones, situadas a la misma altura, aproximadamente a 1 Km de distancia, ilustran los dos extremos del comportamiento térmico de un mismo curso de agua de esta vertiente, en función de los medios atravesados; las zonas de flujo libre presentan diferencias comprendidas entre estos dos límites.

### 4.2.2. - Estaciones ocasionales -

Otras cinco estaciones, ubicadas entre 4300 m y 4850 m de altura, fueron objeto de medidas mensuales en este valle (Cuadro IV).

Cuenca	<u>Titicaca</u>	<u>Desaguadero</u>	<u>Poopo</u>	<u>Coipasa</u>
No de estaciones	27	28	19	11
<u>TEMPERATURAS MAXIMAS</u>				
promedio	17.4	19.5	20.3	16.4
mínimo	12.6	14.4	13.3	13.5
máximo	25.3	32.0	26.1	21.2
no superado 75%	19.7	21.4	23.5	17.9

Cuadro 3 : Temperaturas máximas (°C) medidas en las estaciones ocasionales del Altiplano (1983-1988).

Estacion	Alt. m.	Hora approx.	Promed.	Mini.	Máxi.	Ampl. ann.	Dif. I.Q.
<u>4 A) HICHU-KHOTA</u>							
Orilla lag. 1	4330	10 h.	9.3	8.0	10.2	2.2	1.6
Salida lag. 2	4440	11 h.	8.3	5.6	9.8	4.2	2.6
Afluente lag. 3	4700	11h30	6.6	3.9	8.5	4.6	2.0
Salida lag. 4	4850	12 h.	6.1	4.0	8.1	4.1	1.9
Salida lag. 5	4820	13 h.	4.0	1.5	7.1	5.6	3.3
<u>4 B) ZONGO</u>							
Rio Zongo	4300	11 h.	3.5	0.5	6.8	6.3	2.5
Salida lag. Viscachani	3750	12 h.	7.8	5.2	9.1	3.9	0.9
Rio Zongo	2550	13 h.	14.7	9.2	20.2	11	6.8
Rio Zongo	1600	15 h.	17.3	11.7	23.4	11.7	8.1

Cuadro 4 : Temperaturas (°C) medidas mensualmente sobre un ciclo anual (I.Q. = diferencia intercuartil). A : Valle de Hichu Khota, B : Valle de Zongo (1985-1986).

Se notará la buena concordancia entre los promedios de temperaturas medidas en las estaciones HKH1 y HKH2, y en orillas del lago 1, a lo largo de esta serie de medidas. Esto nos autoriza a considerar las temperaturas medias de las salidas de los lagos como una buena aproximación a las temperaturas medias anuales de los cursos de agua para la altitud considerada. La amplitud anual es, por el contrario, notoriamente sobreestimada, pero los datos concernientes a la diferencia intercuartil son comparables a los del Cuadro II.

Se notará que la temperatura media a 4850 m de altura, al pie del glaciar, es todavía de 6°, en esta vertiente. En lo que se refiere a la diferencia diaria, todos los ríos de este valle pueden alcanzar, durante las noches de invierno, temperaturas del orden de los 0.5° a 2°C, mientras que las máximas disminuyen con la altura y no sobrepasan más que excepcionalmente los 12° a 4700 m. Se notará, igualmente, que la salida del lago 5, situada a una altitud más baja que la precedente y a menos de 2 Km a vuelo de pájaro, pero sobre la vertiente amazónica, presenta una temperatura media inferior de 2° y una amplitud de variación sensiblemente más elevada.

#### 4.3. - Cordillera Real, cuenca Amazonica (Yungas) -

##### 4.3.1. - Estaciones permanentes -

Dos estaciones permanentes sobre el Río Unduavi, describen con bastante precisión los regímenes térmicos en los altos valles de Yungas.

La estación llamada Cumbre, a 4150 m de altura, presenta un comportamiento muy similar al de la estación 1 de Hichu Khota, pero con una temperatura media inferior de cerca de 2° (Figura 4). La amplitud anual es del mismo orden. Las diferencias diarias son, en promedio, más elevadas pero se observa el mismo fenómeno de concentración de fuertes diferencias al final del invierno, mientras que en plena estación de lluvias, estas diferencias están muy por debajo de la mediana (Figura 6).

Mil docientos metros más abajo, en Unduavi, el régimen térmico del mismo torrente es completamente diferente. La temperatura media (Figura 4) es del mismo orden que sobre el Altiplano, pero ya casi no existe variación estacional. La amplitud anual no es más que de 6°. Las diferencias diarias sobrepasan raramente los 3°, y no presentan ninguna variación estacional neta. La nebulosidad casi permanente, en esta vertiente y a esta altura, explica la ausencia de fluctuaciones térmicas marcadas. Pero, la morfología tan encerrada de estos valles, así como las velocidades de transferencia mucho más rápidas a raíz de las fuertes pendientes (cf. Figura 3) y de caudales específicos importantes, están, probablemente, al origen de las temperaturas más frías, a igual altura, en esta vertiente.

#### 4.3.2. - Estaciones ocasionales -

El valle de Zongo fue objeto de 13 medidas mensuales consecutivas (Cuadro IV y Figura 7). En comparación al de Unduavi, este valle presenta una doble anomalía: la parte alta aparece más fría y la parte baja más caliente, pero sobre todo con una amplitud térmica anual mucho más elevada. Es posible que microclimas locales expliquen, en parte, estas diferencias, el valle de Zongo estando abierto al Norte mientras que el de Unduavi está orientado hacia el Este. Sin embargo, el hecho que el valle de Zongo sea enteramente aprovechado para la producción de electricidad tiene por consecuencia una perturbación completa de las circulaciones de agua, de caudales y de velocidades de transferencia altitudinales que perturba, muy probablemente, el régimen térmico natural.

Los altos valles de los Yungas y de la cuenca del Río La Paz, fueron objeto de numerosas medidas ocasionales de temperatura. Para cada estación prospectada, las mínimas y máximas medidas fueron ubicadas en función de la altitud (Figura 8A). Las estaciones de la cuenca del Río La Paz, situadas entre los 2000 m y los 3200 m de altura, corresponden a valles semi-áridos como el de Luribay; aparecen inmediatamente como mucho más calientes que las estaciones de los Yungas.

Eliminando estas estaciones, se llega, por simple regresión lineal, a una muy buena correlación temperatura-altitud (Figura 8B); ( $R = -0,91$  para 72 medidas). Esta relación es válida para los ríos de la vertiente Este de la Cordillera Oriental por arriba de los 1000 m. Estos torrentes no ganan más que  $4^\circ$  por kilómetro de desnivel, para llegar con una temperatura del orden de los  $18^\circ$  al pie de la Cordillera, alrededor de 1000 m de altitud mientras que la temperatura media del aire en Chulumani, a 1800 m, es de  $20,5^\circ$  C. Esta diferencia tan sensible con respecto a la temperatura del aire se explica, esencialmente, por las pendientes extremadamente fuertes de estos valles, que conducen a un traslado muy rápido de las masas de agua.

#### 4.4. - Valles sub-andinos, cuenca Amazónica (Yungas, Alto-Beni) -

Desde el pie de la Cordillera Real hasta la salida de los Andes, las pendientes de los principales cursos de agua, como el río Coroico, disminuyen sensiblemente mientras que numerosos pequeños afluentes descienden estribaciones todavía muy escarpadas. 19 estaciones escalonadas a lo largo del Río Coroico y de sus afluentes, así como el Río Beni, han sido objeto de 12 series de medidas (Figura 9). La temperatura media de  $17,2^\circ$  en Yolosa (1350 m, al pie de la Cordillera) entra en la gama de la relación definida anteriormente. Luego, de 1100 m a 700 m de altura, el Río Coroico evoluciona entre  $18,7^\circ$  y  $20,3^\circ$ , los afluentes teniendo temperaturas iguales o más elevadas. La amplitud térmica anual es, en promedio, de  $7,7^\circ$  en todo este valle, sea sensiblemente más fuerte que en Unduavi, debida a un retorno a condiciones radiativas más contrastadas.

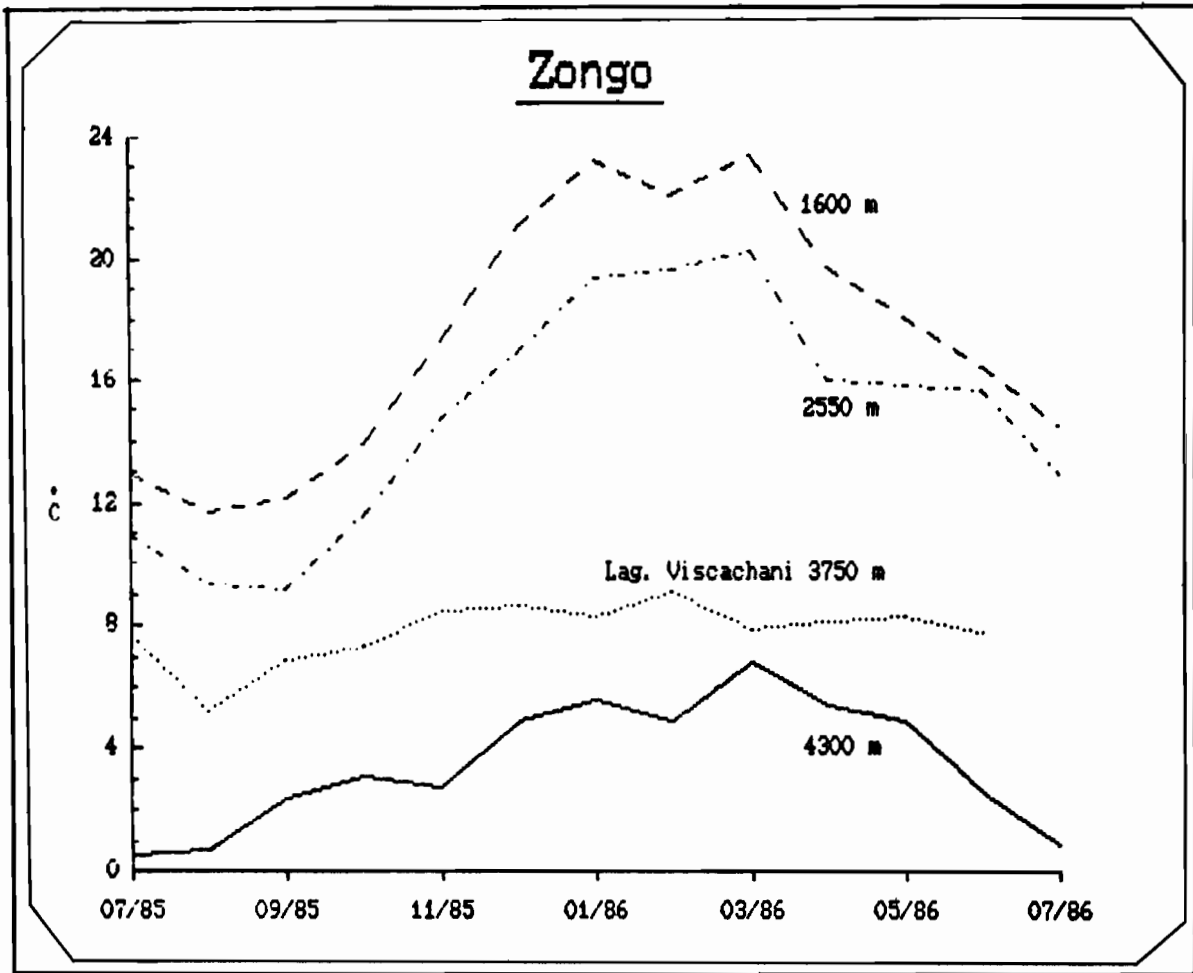
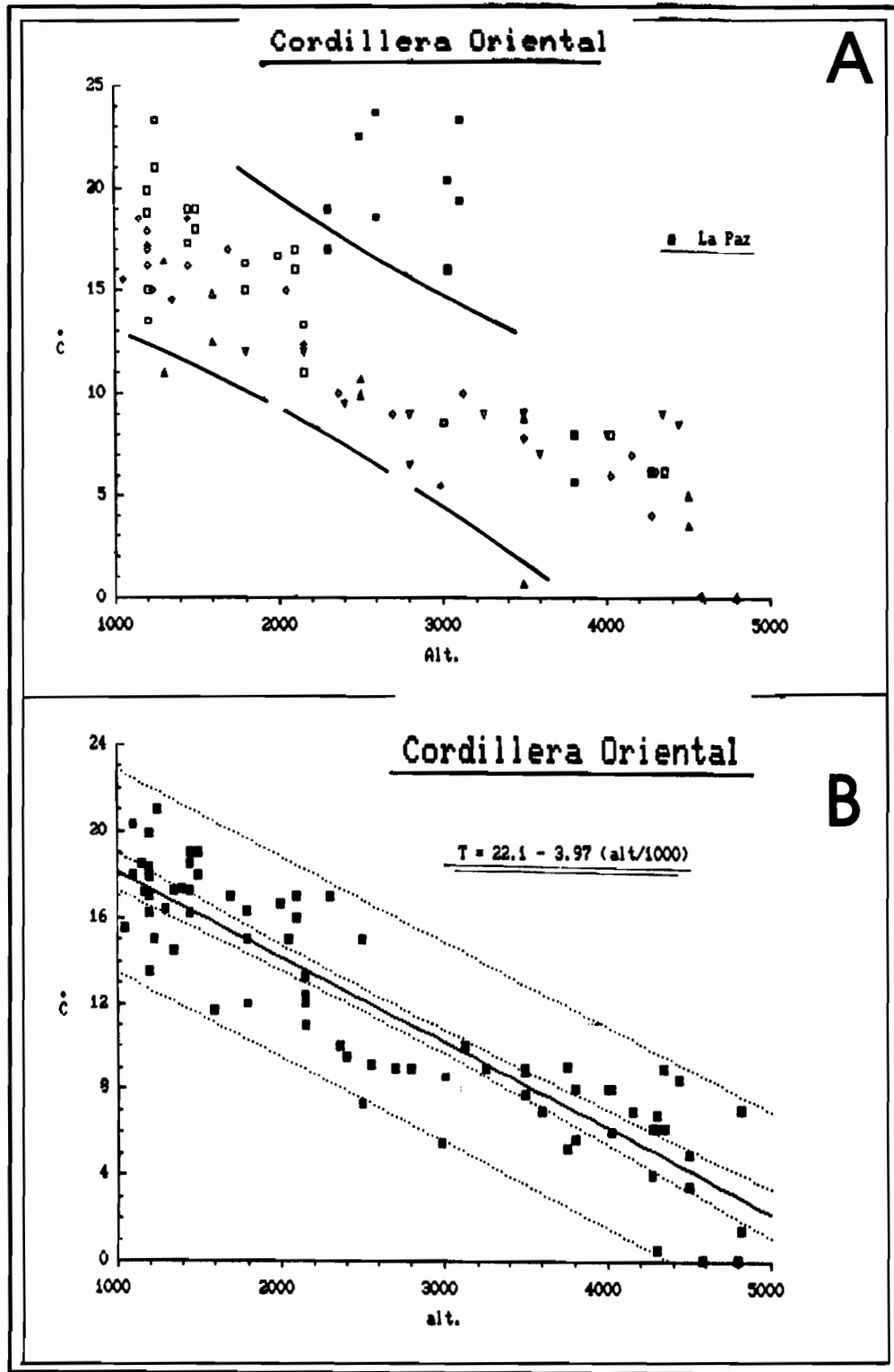


Figura 7 : Temperaturas mensuales (°C) en las 4 estaciones del Río Zongo (1985-1986).



**Figura 8** : Relación Temperatura (°C) - Altura (m). Estaciones ocasionales de la Cordillera Oriental. A) Relación con todas las estaciones. B) Relación sin las estaciones de la cuenca del Río La Paz.



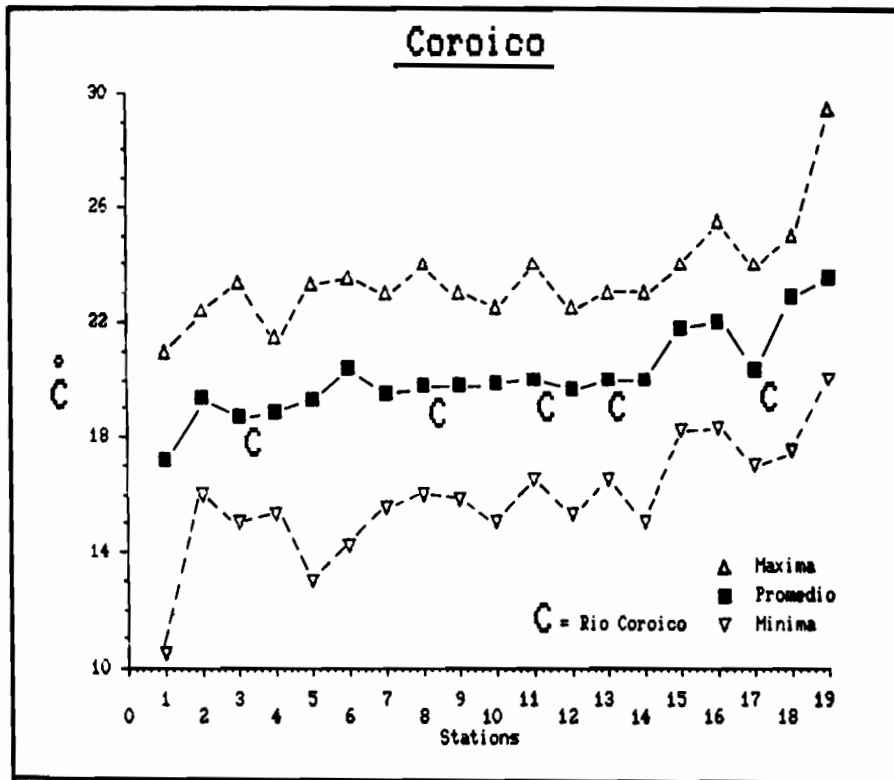
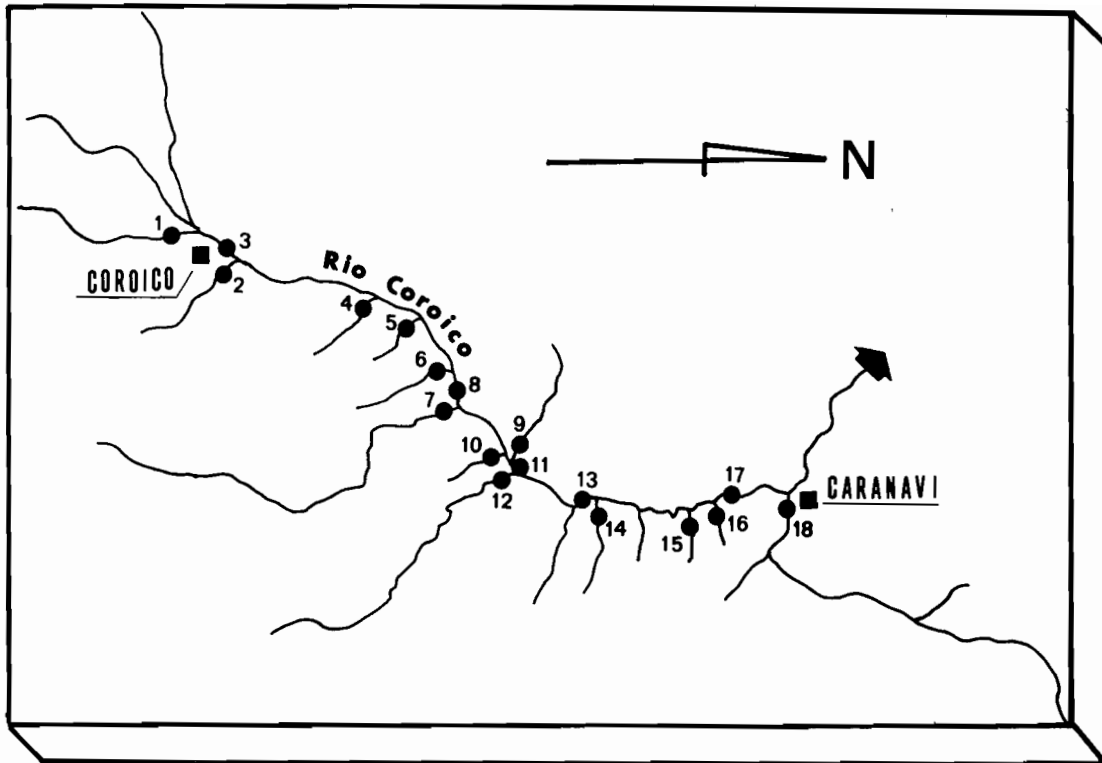


Figura 9 : Ubicación y temperaturas medias, mini y máxi mensuales (°C) en las estaciones de la cuenca del Río Coroico (1983-1985). 1 = Río Yolosa, 2 = Río Santa Barbara, 3,8,11,13 y 17 = Río Coroico, 4 = Caida de agua, 5 = Cascada Puente Armas, 6/= Cascada Alto Choro, 7 = Río Choro, 9 = Río San Pedro, 10 = Río San Pedrito, 12 = Río Quitacalzon, 14 = Río Chojña, 15 = Arroyo Granja Avicola, 16 = Río San Silverio, 18 = Río Yara, 19 = Río Alto-Ber en Sapecho.

A partir de Caranavi, en la región del Alto Beni, las temperaturas aumentan sensiblemente. El promedio de 64 medidas efectuadas en 35 estaciones ocasionales en la cuenca del Río Alto Beni (Cuencas de Mapiri, Guanay, etc...) es de 22.4° y la máxima medida es de 32.7°, conduciendo a una amplitud anual absoluta de 12.5° en la estación correspondiente (Río SUAPI, confl. Alto Beni). Sin embargo, los valores máximos habituales en esta región son inferiores a 30°C.

#### 4.5. - Cordillera de Tunari, cuenca Amazónica (Chapare) -

La Cordillera de Tunari, situada al Norte de la ciudad de Cochabamba, culmina a 4500 m y constituye una de las zonas más lluviosas de Bolivia. Los valles de la vertiente Norte descienden rápidamente hasta la región del Chapare, o zona de pie de monte bordeando la planicie del Beni, a aproximadamente 300 m de altitud.

18 estaciones situadas entre 2250 m y 270 m han sido objeto de dos series de medidas, en Julio y Septiembre de 1988. Los puntos medios están representados en la Figura 10. En la zona río arriba (altitud superior a 600 m), las pendientes son muy fuertes y la velocidad de recalentamiento es del mismo orden del observado en la Cordillera Oriental (4° por 1000 m), pero para temperaturas inferiores de 1° en promedio. Tomando en cuenta el período invernal de estas medidas, se puede suponer que la relación temperatura/altitud, para los sectores de fuerte pendiente de la vertiente Norte de la Cordillera de Cochabamba, no difiere mucho de la establecida en la región de La Paz (Figura 8).

En el Chapare, ocho cursos de agua atravesados por la ruta Villa-Tunari - Puerto Villarroel, fueron objeto de 5 series de medidas. Las temperaturas más bajas fueron medidas en Julio 85, y las más elevadas en Octubre del mismo año. Las temperaturas de los ríos, en esta zona de pie de monte, evolucionan entre extremos del orden de los 22° a 31°, sea 9° de amplitud anual, para un promedio de 26.4° (Figura 11). Los ríos que presentan las temperaturas más bajas (Chapare, Chimoré) son aquellos que tienen los más fuertes caudales.

#### 4.6. - La planicie del Beni, cuenca Amazónica (llanos) -

Sobre las 10 estaciones permanentes estudiadas aquí, 4 se sitúan a la salida de los Andes y 6 en los llanos (Cuadro V y Figuras 1 y 13). Se ha incluido aquí las mediciones realizadas en el Río Pilcomayo, aunque pertenece a la cuenca adyacente del Río de la Plata. Las dos series de estaciones presentan, de pronto, diferencias en lo que se refiere a las temperaturas medias y la amplitud anual.

A la salida de los Andes, la temperatura media de los grandes cursos de agua es del orden de 22 a 23°. Las máximas son del orden de 26 a 28°, y las mínimas pueden ser bastante bajas, los

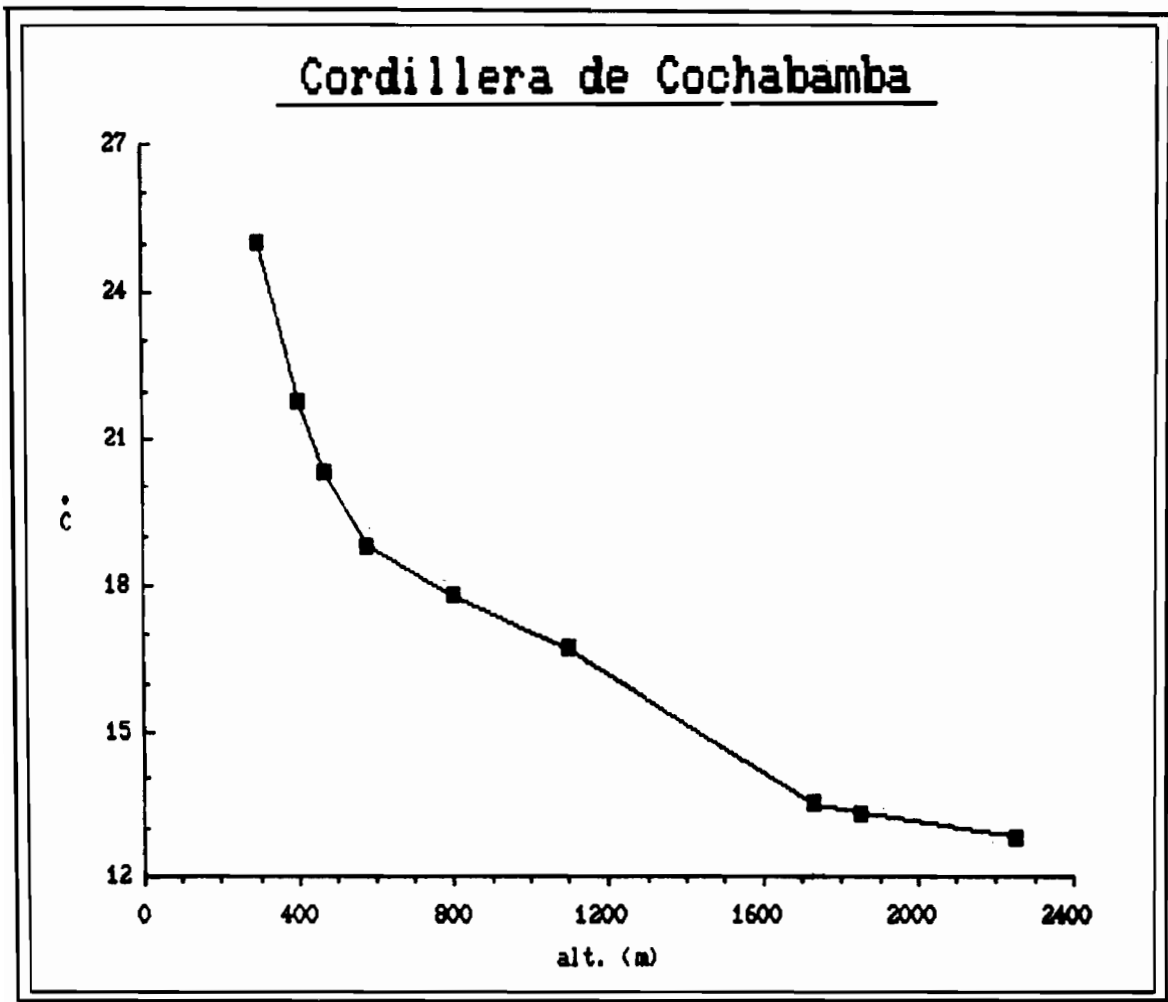
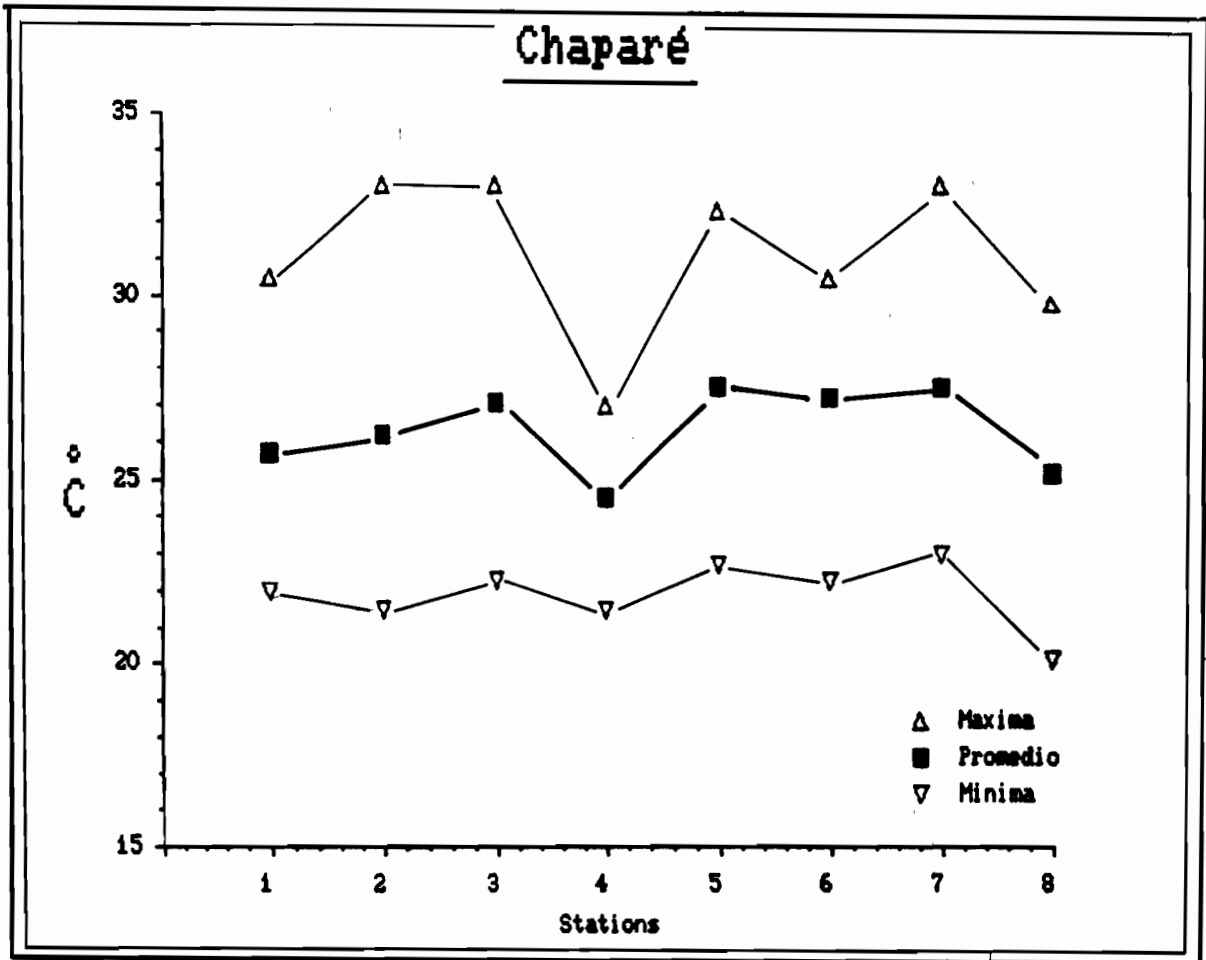


Figura 10 : Relación Temperatura (°C) - Altura (m) en la vertiente Norte de la Cordillera de Cochabamba (1988).



**Figura 11 :** Temperaturas medias, mini, máxi mensuales (°C) en los ríos del Chapare. 1 = Río Ivirigarzama, 2 = Río Mariposas, 3 = Río Cesarzama, 4 = Río Chimore, 5 = Río Eñe, 6 = Río Coni, 7 = Río Vinchutas, 8 = Río Chapare en Villa Tunari.

Estaciones	Piemonte				Béni					
	AB	PV	AP	VI	PG	GM	CM	CA	MF	CE
<b><u>TEMPERATURAS DIARIAS</u></b>										
promedio (a)	23.1	21.8	22.7	22	25.9	27.2	28.2	27.9	26.7	25.9
máximo (b)	28	30	28.2	27	31	30.5	30.5	31	32	32
mínimo (c)	15.5	12	13.1	11	16	23.2	24.5	22	20	19.5
superado 5 % (d)	18	14	15	17	19	23.5	25.5	23	23	21
superado 20 % (e)	20	17	19	19	23.5	25	27	26	24	24
no superado 80 % (f)	25	25	25.5	24	28	28.5	29	29	28	27
no superado 95 % (g)	26	27	26.5	26	29.5	29.5	29.5	30	30	29
máxi. promedio 7 días (h)	-	-	-	-	-	30.5	29.8	30.4	31.7	29.9
míni. promedio 7 días (i)	-	-	-	-	-	23.4	24.9	22.8	22.7	19.9
máxi. promedio 31 días (j)	26	26.1	26.9	-	28.3	30.5	29.8	29.6	28.7	28.9
<b><u>AMPLITUD ANUAL</u></b>										
dif. absoluta (b) - (c)	12.5	18	15.1	16	15	7.3	6	9	12	12.5
dif. frec. 10 % (g) - (d)	8	13	11.5	9	10.5	6	4	7	7	8
dif. frec. 40 % (f) - (e)	5	8	6.5	5	4.5	3.5	2	3	4	3
máxi - míni 7 d. (h) - (i)	-	-	-	-	-	7.1	4.9	7.6	9	10
dif. intercuartil (k)	3	6	5.3	4	3.5	1.8	1.5	2	1	2
<b><u>DIFERENCIAS / 24 H.</u></b>										
modo (l)	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0	0	0
promedio (m)	1.2	1.7	0.8	0.6	1.3	0.3	0.7	0.6	0.7	0.9
no superado 80 % (n)	2	3	1.5	1.5	2	0.6	1	1	1	2
no superado 95 % (o)	2	5	2.5	3	4.1	1.1	1.5	1.5	3	3

**Cuadro 5 :** Análisis estadístico de las temperaturas diarias (°C) en las estaciones permanentes de la planicie amazónica. - (d), (e), (f), (g), (n), (o) : valor de la temperatura que corresponde aproximadamente a los percentiles (frecuencia acumulada) 5%, 20%, 80% ó 95% para la variable considerada. - (h), (i), (j) : valores máximos y mínimos de los promedios móviles sobre 7 o 31 días de las temperaturas medidas.

valores inferiores a 15° no siendo excepcionales, particularmente en los ríos Ichilo y Pilcomayo. La amplitud anual es superior a 3° para la diferencia intercuartil, superior a 5° para el 60% de las medidas y entre 8° y 13° para el 90% de la distribución.

A la salida de la llanura boliviana, las temperaturas medias son notoriamente más elevadas, del orden de los 26° a 28°. Las máximas son de 29° a 30°, el valor de 32° no es, casi nunca, sobrepasado. La amplitud anual se queda entre 4° y 8° para 90% de las medidas, y por debajo de 2° para la diferencia intercuartil. Se notará que la estación de Puerto Ganadero (Trinidad) sobre el Río Mamoré, por estar ubicada a media distancia entre el pie de monte de los Andes y la salida del Beni, presenta valores intermedios a los observados en estas dos regiones.

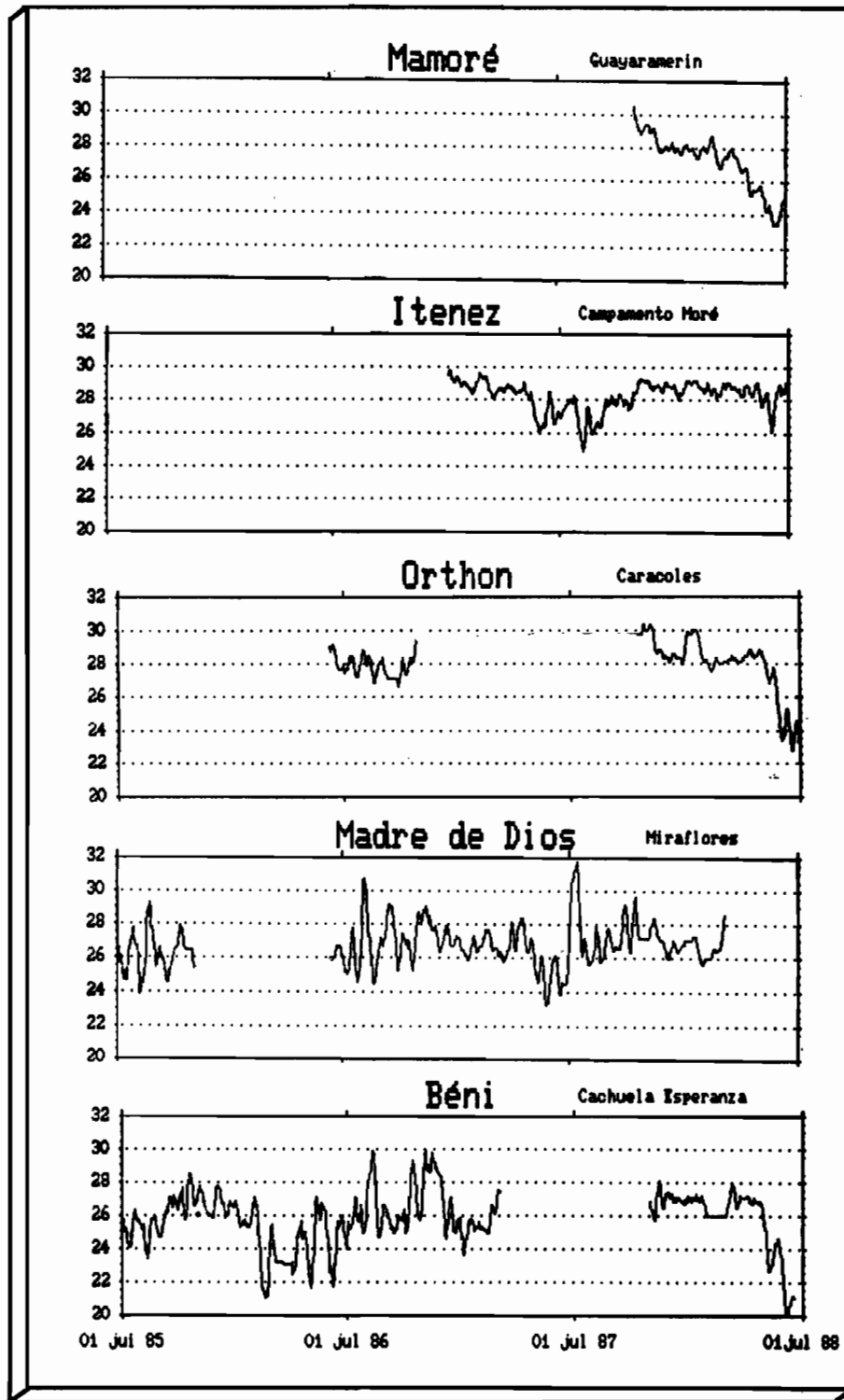
A la salida de la llanura, los ríos de origen andino (Beni, Mamoré, Madre de Dios), presentan temperaturas más bajas que los ríos de curso más lento (Orthon, Itenez), nacidos en alturas más modestas (Figura 12 y Cuadro V). Esta diferencia está ligada a las velocidades de transporte extremadamente rápidas en el momento de las crecidas en estos grandes ríos andinos (1 a 2 m/s : BOURGES & al., 1989), velocidades tales que un recorrido en planicie de 600 Km no es suficiente para que las masas de agua transportadas alcancen su equilibrio térmico.

Este fenómeno es ilustrado por las distribuciones de frecuencia de las temperaturas (Figura 13). El desplazamiento de las curvas hacia las débiles temperaturas, que corresponde a los períodos de crecidas, muy claro en todas las estaciones del piemonte, es todavía sensible en el Río Mamoré en Guayaramerín y en el Río Beni en Cachuela Esperanza. La temperatura sobrepasada por 20% de las medidas es de 24° en los ríos Beni y Madre de Dios, contra 26° a 27° en los ríos Orthon y Itenez. Por el contrario, las máximas, que corresponden a las aguas bajas, son del mismo orden, cualquiera que sea el origen de los ríos. Esto tiene como consecuencia fluctuaciones térmicas más fuertes en los ríos andinos, tanto para la diferencia sobre 24 hrs (hasta 3°), como para la amplitud anual (8° para el Río Beni, contra 4° en el Río Itenez).

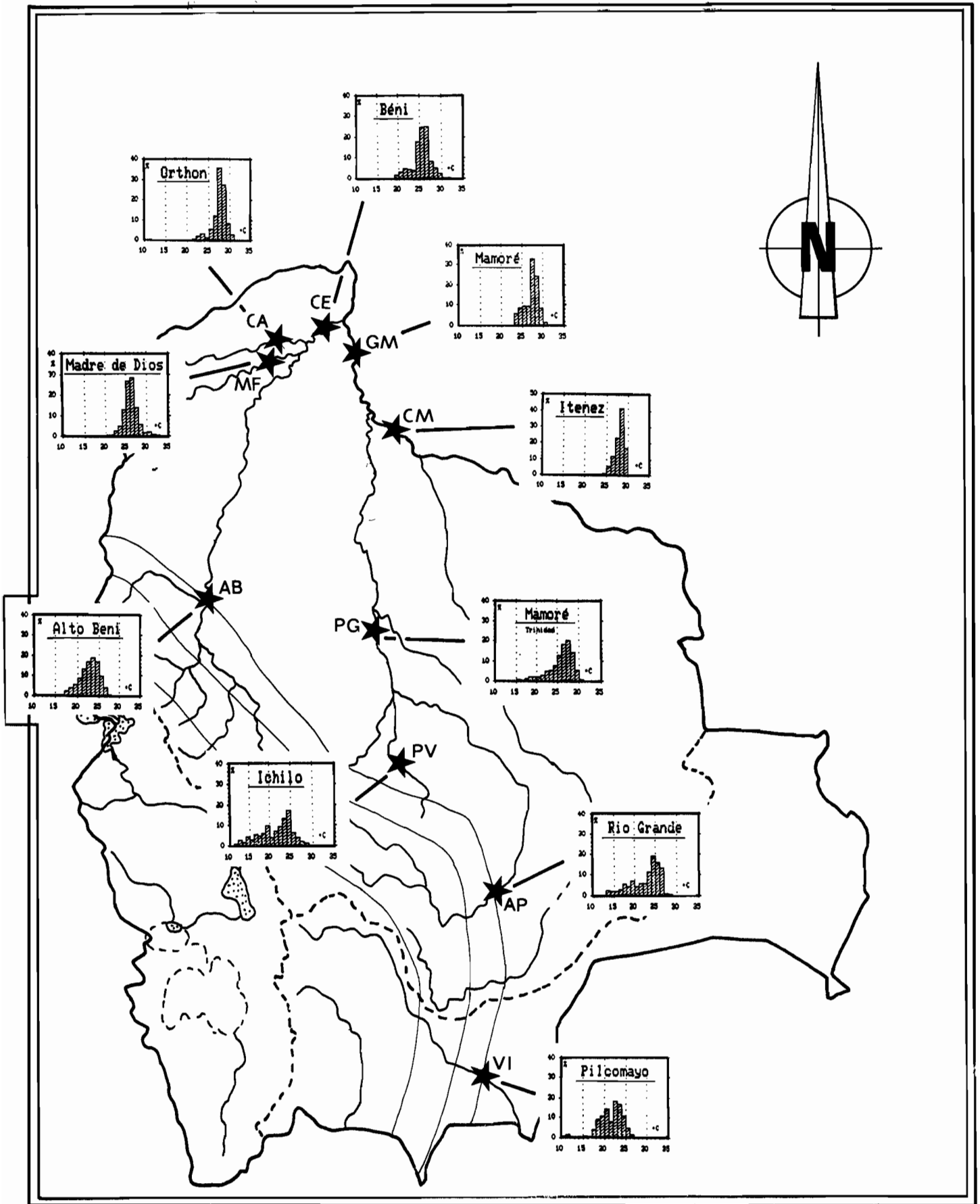
La temperatura media del aire en esta región es próxima a los 27° (ABASTO, 1987; CRUZ, 1987; GARCIA, 1985). Según su origen andino o no, los ríos presentan temperaturas medias ligeramente por encima o por debajo de la del aire.

#### 4.7. - Síntesis de los resultados -

La figura 14 retoma, sobre un perfil esquemático del Altiplano al Beni, los principales resultados de este estudio; figuran para cada región, además de la temperatura del agua media, los valores de las máximas, la amplitud anual y de la diferencia diaria que corresponde a situaciones no excepcionales, es decir generalmente a los valores que no son sobrepasados para el 95% de las observaciones.



**Figura 12** : Promedios móviles sobre 7 días de las temperaturas medias diarias ( $^{\circ}\text{C}$ ). Estaciones permanentes de la planicie Amazónica (1985-1988).



**Figura 13 :** Distribución de las temperaturas medias diarias (°C) en la planicie Amazónica (1985-1988). Ver cuadro 1 por los codigos.



Los fenómenos mas relevantes son los siguientes :

- a) Al Oeste de la Cordillera Oriental, las temperaturas medias y máximas son elevadas, a pesar de la altitud, y las diferencias diarias son muy fuertes sobre todo para los pequeños ríos del Altiplano.
- b) Entre la vertiente Oeste y la vertiente Este de la Cordillera, la diferencia de temperatura del agua a una altitud igual es del orden de + 2° por encima de los 4000 m, y de +4° hacia los 2500 m en los valles semi-áridos.
- c) Sobre la vertiente Este de la Cordillera, el descenso de temperatura media es de 4° por 1000 m, y las variaciones diarias y anuales son mínimas alrededor de los 3000 m de altura en la zona de mayor nebulosidad y pluviosidad.
- d) Del pie de la Cordillera Oriental a la salida de los Andes, los promedios aumentan regularmente, así como la amplitud anual.
- e) Los grandes ríos que provienen de las altas cordilleras son sensiblemente menos calientes que los cursos de agua nacidos a alturas más modestas, tanto en la zona de pie de monte como en el extremo de la llanura del Beni.

## 5. - CONCLUSIONES -

Desde el punto de vista de la ecología general de las aguas corrientes, los resultados anteriores están, a veces, alejados de las hipótesis o afirmaciones que sustentan ciertas teorías citadas en la introducción.

En lo que se refiere a las zonificaciones, la relación temperatura-altitud definida anteriormente muestra que es preferible olvidar el esquema de ILLIES (1961) ubicando el límite Rhitron-Potamon a 2000 m de altura en zona tropical. Por el contrario, en la versión mejorada de ILLIES y BOTOSANEANU (1963), este límite correspondería a una temperatura de 25° para la media mensual más elevada.

En las estaciones del pie de monte, las temperaturas del agua no sobrepasadas por el 90% de las observaciones, así como las medias de 30 días consecutivos los más calientes están próximas a los 26°. Ahora bien, es precisamente a la salida de los Andes que se produce la reducción de la pendiente y el cambio de morfología de estos grandes cursos de agua que devienen potamons típicos. El sistema de ILLIES y BOTOSANEANU podría entonces aplicarse a estos grandes ríos, pero, esta concordancia ya no es válida para los ríos de pie de monte de dimensión un poco más modesta.

La hipótesis de STATZNER & HIGLER (1986) de una predominancia de los factores hidráulicos sobre los factores térmicos podrá ser probada en la vertiente Este de la Cordillera, donde los torrentes ganan 12° de temperatura, manteniendo pendientes muy fuertes. Datos que conciernen a los parámetros morfodinámicos y los invertebrados bénticos fueron recogidos en esta óptica.

Finalmente, el máximo de variabilidad del medio físico en las zonas medias de los ríos, postulada el River Continuum Concept (VANNOTE et al., 1980), no es realmente verificado por el régimen térmico de los cursos de agua de Bolivia. Por una parte, la variabilidad diaria depende enormemente de la localización al Oeste y al este de la Cordillera. Por otra parte, sobre la vertiente amazónica, la variabilidad en términos de diferencia diaria o de amplitud anual es máxima a la cabeza de la cuenca (Alt. 4000 m) luego pasa por un mínimo alrededor del medio de la vertiente (3000 m) para aumentar de nuevo en la región subandina (1000 a 500 m) y disminuir, ligeramente, al final, en la planicie del Beni. Resulta por lo tanto difícil sugerir un esquema general de evolución de la variabilidad de las temperaturas de los cursos de agua en función de un sólo número de orden.

Recordemos, sin embargo, que el principal objetivo de este trabajo es el de contribuir al conocimiento de los ecosistemas de aguas corrientes de Bolivia, y que los datos precedentes encontrarán su plena aplicación en una confrontación con las observaciones biológicas realizadas en estos ríos.

## 6. - AGRADECIMIENTOS -

Agradecemos a todas las personas quienes han contribuido a las medidas de temperatura en las diferentes zonas : Arnaud APOTEKER, José BALBOA, Jacques BOURGES, Hector CALLE, Leslie CAMPOS, Daniel CORBIN, José CORTES, Geraldo CUEVAS, Philippe DEWEZ, Hubert GALLARDO, Annie GUYOT, Gérard HERAIL, Robert HOORELBECKE, André ILTIS, Bernard KAHN, Olivier MARCANTONI, Luis NORIEGA, César ORTUÑO, Meliton QUISPE, Aldo REZZONICO, César SALINAS, Mario VARGAS y los observadores de las redes del SENAMHI y del PHICAB.

Agradecemos también a las personas quienes han leído y coregido este trabajo : Jacques BOURGES, Héctor CALLE, Daniela CARRIQUIRIBORDE, Julio CAMPOS, Jorge QUINTANILLA, Josyane RONCHAIL y Jean VACHER.

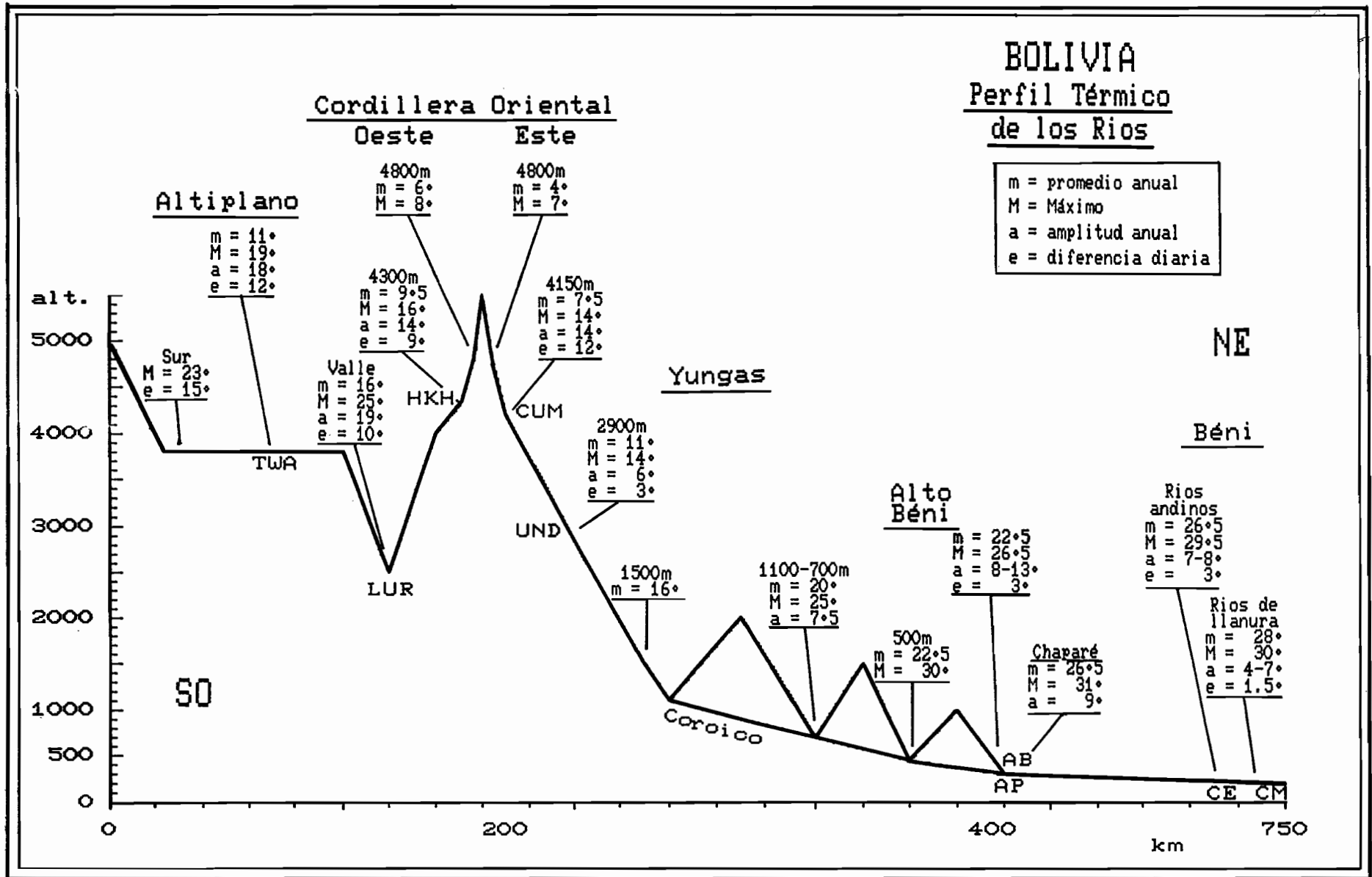


Figura 14 : Perfil térmico de los ríos de Bolivia. Ver cuadro 1 por los codigos.

## 7. - BIBLIOGRAFIA -

- ABASTO (N.), 1987. - Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Madre de Dios, Amazonía, Bolivia, Perú. - Tesis de grado, UMSA, La Paz - Publ. PHICAB, 295 p.
- BOURGES (J.) & CORTES (J.), 1989. - La investigación hidrologica en el Beni : algunos ejemplos de aplicación al desarrollo de las infraestructuras y la previsión de las crecidas. - Semana francesa, Santa Cruz de la Sierra, Junio 1989.
- CRUZ (C.), 1987. - Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Itenez, Amazonia, Bolivia, Brasil. - Tesis de grado, UMSA, La Paz - Publ. PHICAB, 216 p.
- ESPIÑOZA (O.), 1985. - Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Beni, Amazonia, Bolivia. - Tesis de grado, UMSA, La Paz - Publ. PHICAB, 181 p.
- GARCIA (W.), 1985. - Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Mamoré, Amazonia, Bolivia. - Tesis de grado, UMSA, La Paz - Publ. PHICAB, 110 p.
- GUYOT (J.L.), BOURGES (J.), CALLE (H.), CORTES (J.), HOORELBECKE (R.) & ROCHE (M.A.), in press. - Transport of suspended sediments to the Amazon by an andean river : the River Mamore, Bolivia. - IRTCES Symposium on River Sedimentation, Pekin, Nov. 1989.
- GUYOT (J.L.), BOURGES (J.), HOORELBECKE (R.), ROCHE (M.A.), CALLE (H.), CORTES (J.) & BARRAGAN (M.C.), 1988. - Exportation de matières en suspension des Andes vers l'Amazonie par le Rio Béni, Bolivie. - IAHS Symposium on Sediment Budget, Porto Alegre, Brazil, Dec. 1988 - Publ. IAHS 174 : 443-451.
- GUYOT (J.L.), CORBIN (D.), QUINTANILLA (J.) & CALLE (H.), in press. - Hydrochimie des lacs dans la région de Trinidad (Amazonie bolivienne). Influence d'un fleuve andin : le Rio Mamoré. - Revue d'Hydrobiologie Tropicale.
- GUYOT (J.L.), ROCHE (M.A.), QUINTANILLA (J.), CALLICONDE (M.), NORIEGA (L.), CALLE (H.) & CORTES (J.), 1989. - Cargas en suspension, salinidades y transportes de materia sobre el Altiplano boliviano. - Publ. PHICAB, 20 p.
- ILLIES (J.), 1961. - Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. - Internat. Rev. ges. Hydrobiol., 46 : 205-213.
- ILLIES (J.), 1964. - The invertebrate fauna of the Huallaga, a peruvian tributary of the Amazon River, from the sources down to Tingo Maria. - Verh. internat. Verein. Limnol., 15 : 1077-1083.

- ILLIES (J.) & BOTOSANEANU (L.), 1963. - Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. - Mitt. Internat. Verein. Limnol., 12 : 1-57.
- LOZADA (G.), 1985. - Balance hídrico superficial de la cuenca del Lago Titicaca. - Tesis de grado, UMSA, La Paz - Publ. PHICAB, 158 p.
- MONTES DE OCA (I.), 1982. - Geografía y recursos naturales de Bolivia. - 628 p.
- ROCHE (M.A.) & FERNANDEZ (C.), 1988. - Water resources, salinity and salt yields of the rivers of the Bolivian Amazon. - J. Hydrol., 101 : 305-331.
- ROCHE (M.A.) & ROCHA (N.), 1985. - Mapa pluviométrico de Bolivia y regiones vecinas. - Publ. PHICAB.
- RONCHAIL (J.), 1985. - Situations météorologiques et variations climatologiques en Bolivie. - Publ. PHICAB, 60 p.
- STATZNER (B.) & HIGLER (B.), 1986. - Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. - Freshwater Biol., 16 : 127-139.
- VANNOTE (R.L.), MINSHALL (G.W.), CUMMINS (K.W.), SEDELL (J.R.) & CUSHING (C.E.), 1980. - The River Continuum Concept. - Can. J. Fish. Aquat. Sc., 37 : 130-137.
- VANNOTE (R.L.) & SWEENEY (B.W.), 1980. - Geographic analysis of thermal equilibria : a conceptual model for evaluating the effect of natural and modified thermal regimes on aquatic insect communities. - Am. Nat., 115 : 667-695.
- WASSON (J.G.), in press. - Eléments pour une approche fonctionnelle de la typologie des eaux courantes. 1 - Revue critique de quelques approches existantes. - Bulletin d'Ecologie.
- WASSON (J.G.) & MARIN (R.), in press. - Tipología y potencialidades de los ríos de altura en la región de La Paz, Bolivia. Metodología y primeros resultados. - Act. 1ero Congr. Iberoamer. Pesca y Acuacult., Margarita, Venezuela, Mayo 1988.