

# LA INVESTIGACION FRANCESA EN COOPERACION EN LA AMAZONIA BOLIVIANA: el programa PHICAB

*Jacques BOURGES*

*Jean Louis GUYOT*

*Michel Alain ROCHE*

Institut Français de Recherche Scientifique pour le  
Développement - ORSTOM - França

El Programa Hidrológico de la Cuenca Amazónica de Bolivia (PHICAB) fue creado por la ORSTOM en 1982 (Roche, 1982) en colaboración con una contraparte boliviana, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Inicialmente destinado al estudio de la climatología, la hidrología, la físico-química y los transportes en suspensión de esta región, extendió progresivamente su campo de intervención al conjunto de Bolivia, otorgando una atención especial a la cuenca amazónica.

Luego de su creación, otras instituciones bolivianas se unieron al proyecto firmando convenios de cooperación científica:

- Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH) de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz en 1984;

- Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ) de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz en 1986;

- Servicio Hidrográfico de la Naval (SHN) en 1988;

- y la Honorable Alcaldía de La Paz, cuyo convenio está siendo actualmente firmado.

Fuera de estos convenios está asegurada, en el caso de proyectos específicos, una cooperación científica con otros servicios tales

como ENDE (Empresa Nacional de Electricidad), SEMENA (Servicio de Mejoramiento de la Navegación), AASANA (Administración de Aeropuertos y de Servicios Auxiliares de la Navegación Aérea).

## 1 - ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio prioritaria cubre una superficie de 750.000 km<sup>2</sup> que representa la cuenca amazónica de Bolivia, drenada por los cuatro ríos formadores del río Madeira. Tres son de origen andino: el Beni, el Madre de Dios, el Mamoré y el último, que nace en la meseta brasilera, el Itenez-Guaporé. Estos ríos, durante su trayecto hacia el Madeira, atraviezan una gran diversidad de ecosistemas desde los glaciares de los Andes, donde se originan, hasta la selva tropical húmeda de la planicie amazónica, pasando por los valles húmedos y calientes de los Andes, los Yungas. Con respecto al conjunto de la cuenca del Madeira (900.000 km<sup>2</sup>), incluyendo las zonas en territorio brasileño y peruano, la región amazónica representa alrededor de las tres cuartas partes de la superficie total.

## 2 - PROGRAMA

En esta región, que representa el futuro polo de desarrollo de Bolivia, se hace sentir cruelmente la necesidad de conocimiento sobre los medios y los recursos disponibles. Esta ausencia de datos, en campos de acción tan esenciales, impiden o retrasan la ejecución de proyectos de desarrollo y todo mejoramiento de esta región. Uno de los objetivos del PHICAB es el de cubrir estas lagunas.

El programa de investigación se desarrolla alrededor de tres polos importantes (Roche y Canedo, 1983): climatología, hidrología, transportes-erosión y sus relaciones recíprocas.

El campo de la climatología abarca:

- El estudio de las distribuciones espaciales y temporales en Bolivia de los parámetros climatológicos: lluvia, temperatura, presión, viento, humedad, insolación, evaporación.

- El estudio isotópico de las precipitaciones en función de la altura y en las aguas superficiales.

- El estudio de las anomalías climatológicas en Bolivia en relación con las situaciones meteorológicas determinadas por las circulaciones atmosféricas sobre América Latina.

La parte hidrología tiene por objetivo el estudio de los regímenes hidrológicos de los cuatro formadores principales del Madeira, centrándose en especial:

- en las variaciones espacio-temporales de los parámetros hidrológicos desde la cumbre de los Andes hasta la Amazonía;

- en el análisis estadístico de las crecidas y en la influencia de los factores geomorfológicos y climáticos sobre los escurrimientos.

Este programa implica, también, el establecimiento de balances hídricos de estas grandes cuencas con una síntesis a nivel del país, en relación con el PHI de la Unesco.

Finalmente, la parte hidroquímica, transportes-erosión tiene por objetivo:

- estudiar los regímenes hidroquímicos y de transporte de sedimentos en los mismos ríos, particularmente sus variaciones en el espacio y en el tiempo;

- establecer un balance de los transportes, sobre todo a nivel de los proyectos de represas;

- analizar el fenómeno erosión-transporte desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo en el sistema Andes-Amazonia;

- caracterizar los diferentes medios acuáticos desde un punto de vista físico-químico.

### 3 – RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

Para la realización de este programa se dispone de varios redes de observación:

- las redes de estaciones climatológicas explotadas por el SENAMHI y AASANA;

- las redes de estaciones hidrométricas en las cuales se efectúan lecturas limnimétricas y muestreos de agua; en la cuenca del Madeira, 115 estaciones instaladas en la parte andina son explotadas por el SENAMHI y las 15 estaciones implantadas en la planicie amazónica están a cargo del PHICAB; (Fig. 1 y 2).

Estas redes de recolección brindan una cantidad enorme de datos que sólo pueden ser tratados mediante medios informáticos. La utilización de paquetes específicos (HYDROM, STATGRAPHICS...) o el desarrollo de paquetes que responden a las necesidades inmediatas del PHICAB (CLIMAR 2, DATCHIM) son los únicos medios, a partir de bancos de datos, para tratar y brindar los primeros resultados necesarios para la interpretación.

Sin embargo, el mantenimiento de la red que se extiende sobre 750.000 km<sup>2</sup>, de los cuales 85% en la Amazonia boliviana no deja de provocar algunas dificultades: accesibilidad, alejamiento de las estaciones, ausencia de medios de comunicación, algunas veces vandalismo... En lo que se refiere a la red PHICAB, su mantenimiento está asegurado por un equipo de campo mixto (ORSTOM/SENAMHI/SHN) que efectúa recorridos de más de 1.500 kms sólo en los ríos. Además del control de los observadores, se efectúan medidas de caudal y muestreo. Estas mismas operaciones están aseguradas en los Andes por brigadas del Servicio Nacional.

La elaboración de datos y la interpretación de los resultados se efectúa en el seno de pequeños equipos binacionales que publican conjuntamente sus resultados. Participan en este programa, tres investigadores y un técnico franceses, contratados a tiempo completo, así como cinco ingenieros bolivianos o más según los estudios.

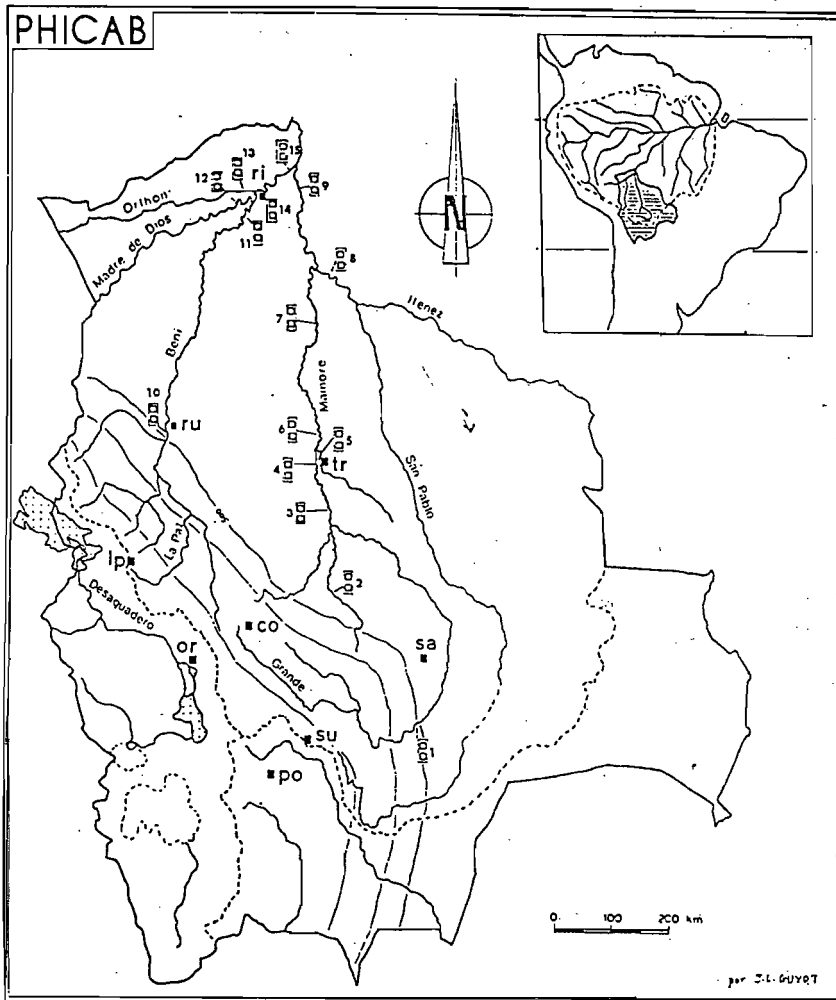


Figure 1 - Réseau hydrométrique du PHICAB

Villes: co: Cochabamba, ip: La Paz, or: Oruro, po: Potosi, ri: Riberalta, ru: Rurrenabaque, sa: Santa Cruz, su: Sucre, tr: Trinidad.

Stations: 1: Río Grande à Abapo. 2: Río Ichilo à Puerto Villarroel, 3: Río Ichilo-Mamoré à Muyurina, 4: Río Mamoré à Puerto Barador ou Puerto Ganadero, 5: Río Ibaré à Puerto Almacen, 6: Río Mamoré à Montevideo, 7: Río Mamoré à Puerto Silés ou Cooperativa, 8: Río Itenez à Campamento Moré ou Vuelta Grande, 9: Río Mamoré à Guayaramerin, 10: Río Alto-Béni à Angosto del Bala ou Rurrenabaque ou Bonaventura, 11: Río Béni à Portachuelo ou Dos Estrellas ou Palcrmo, 12: Río Madre de Dios à Miraflores, 13: Río Orthon à Caracoles, 14: Río Béni à Riberalta, 15: Río Béni à Cachucla Esperanza.

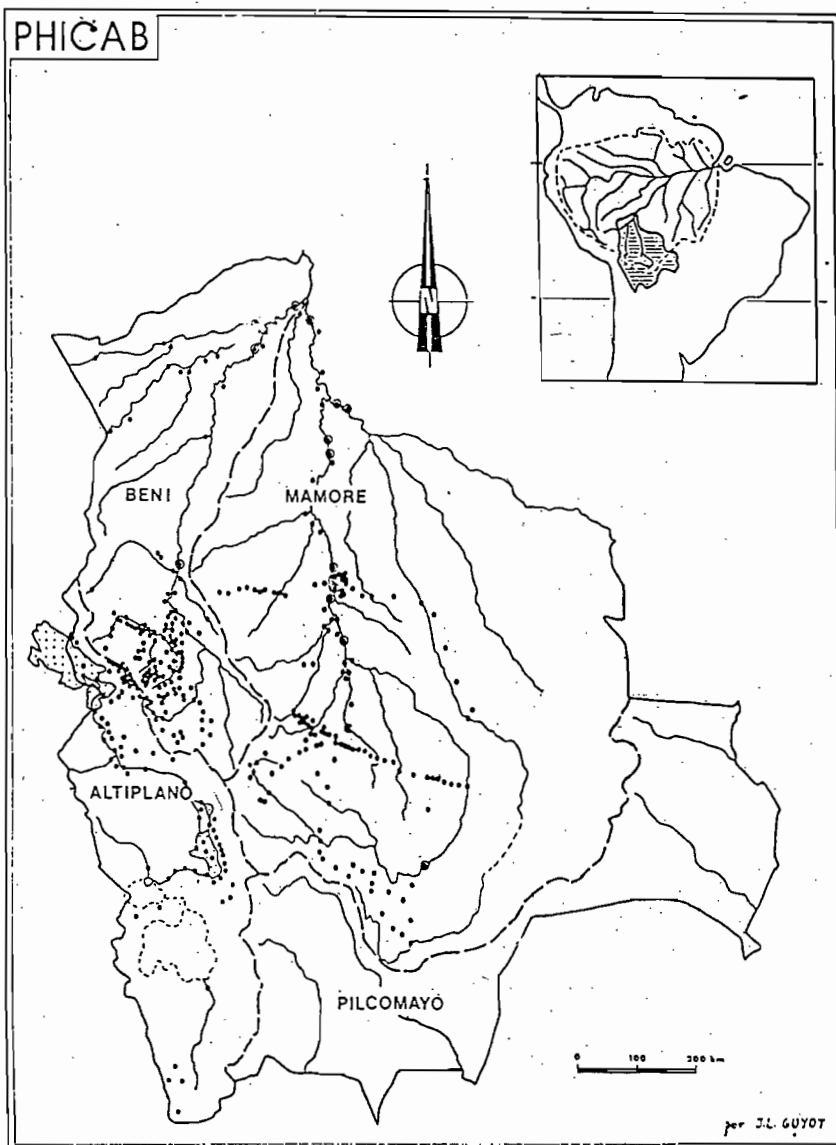


Figure 2 - Points de prélèvements du PHICAB

Bassin fermé de l'Altiplano: 83 points, 150000 km<sup>2</sup>  
 Bassin amazonien du Béni: 139 points, 202000 km<sup>2</sup>  
 Bassin amazonien du Mamoré: 144 points, 542000 km<sup>2</sup>

## 4 – RESULTADOS

A raíz de las dificultades de explotación de esta red y del alejamiento de los observadores, la calidad de los datos recolectados, muchas veces mediocre, exige un cuidado especial en la fase de preparación y de crítica de estos datos.

A pesar de períodos de observación muchas veces diferentes de una estación a otra, o entrecortados por lagunas importantes que dificultan la interpretación, varios estudios fueron ya llevados a cabo.

## 5 – CLIMA Y PRECIPITACIONES

El clima de Bolivia y las variaciones espacio-temporales de los parámetros climáticos se explican por las circulaciones atmosféricas y los efectos orográficos (Roche 1986, 1988; Ronchail 1985-1989).

Así, durante el invierno austral, la ZITC se ubica a lo largo de Venezuela, la influencia de los anticiclones aumenta hacia el Norte y mantiene altas presiones en la Amazonia boliviana. Excepto algunos chubascos convectivos, es la estación seca.

En el verano austral, el descenso hacia el Sur de la ZITC con una fuerte incursión a nivel de la Amazonia provoca en Bolivia, una oscilación de masas de aire. Al Norte, las masas de aire húmedo de origen amazónico, y al Sur, las masas de aire más seco, que vienen del Atlántico y del Pacífico y que perdieron gran parte de su humedad en su paso por el continente.

La desviación de masas de aire por los relieves andinos y su estancamiento en algunas **bahías** del relieve, explica las fuertes disparidades constatadas en la pluviometría: de 600 a 700 mm en las zonas del Chapare o del Alto Madre de Dios, y de 300 a 600 mm en las zonas ubicadas detrás de la barrera andina: la cuenca del río grande o La Paz.

Generalmente, el estudio climático de Bolivia es realizado a través de un trazado de mapa de precipitaciones, de temperaturas y

de evaporación. Los documentos hechos a 1/1000 000 correspondientes al conjunto de Bolivia y los países vecinos, según un desglose correspondiente a las ocho grandes cuencas vertientes del país:

- 4 en Amazonia: Mamoré (García, 1985); Beni (Espinoza, 1985); Itenez-Guaporé (Cruz, 1987); Madre de Dios (Abasto, 1988).

- 2 para el Río de La Plata: Pilcomayo (Arellano, 1988); Bermejo (Frías, 1989).

- 2 para el Altiplano: Lago Poopó (Mariaca, 1985); Lago Titicaca (Lozada, 1985).

Estudios a escalas más pequeñas fueron llevados a cabo en las cuencas vertientes de los Andes bolivianos (Herbas, 1987).

Desde el punto de vista de la pluviometría, un mapa de precipitaciones a 1/4000 000 para el conjunto de Bolivia, en concordancia con los datos de los países limítrofes y sobre todo con el Brasil, fue trazado (Roche y Rocha, 1989) (Fig 3)

La heterogeneidad más fuerte se observa en la cuenca del Mamoré donde las precipitaciones varían de 500 mm (río arriba del Río Grande) a 6000 mm (cuencas andinas del Chapare). En la planicie, la pluviometría decrece del Norte al Sur con promedios de 1800 mm en las cuencas del Mamoré y del Beni, y más de 2000 mm en la del Madre de Dios.

En el período 1968/70 - 82, las precipitaciones medias en las grandes cuencas amazónicas de Bolivia son:

Mamoré: 1700 mm

Itenez: 1370 mm

Beni: 1760 mm

Madre de Dios: 2400 mm

La totalidad de la cuenca, que forma el río Madeira, recibió una altura media de lluvia de 1700 mm.



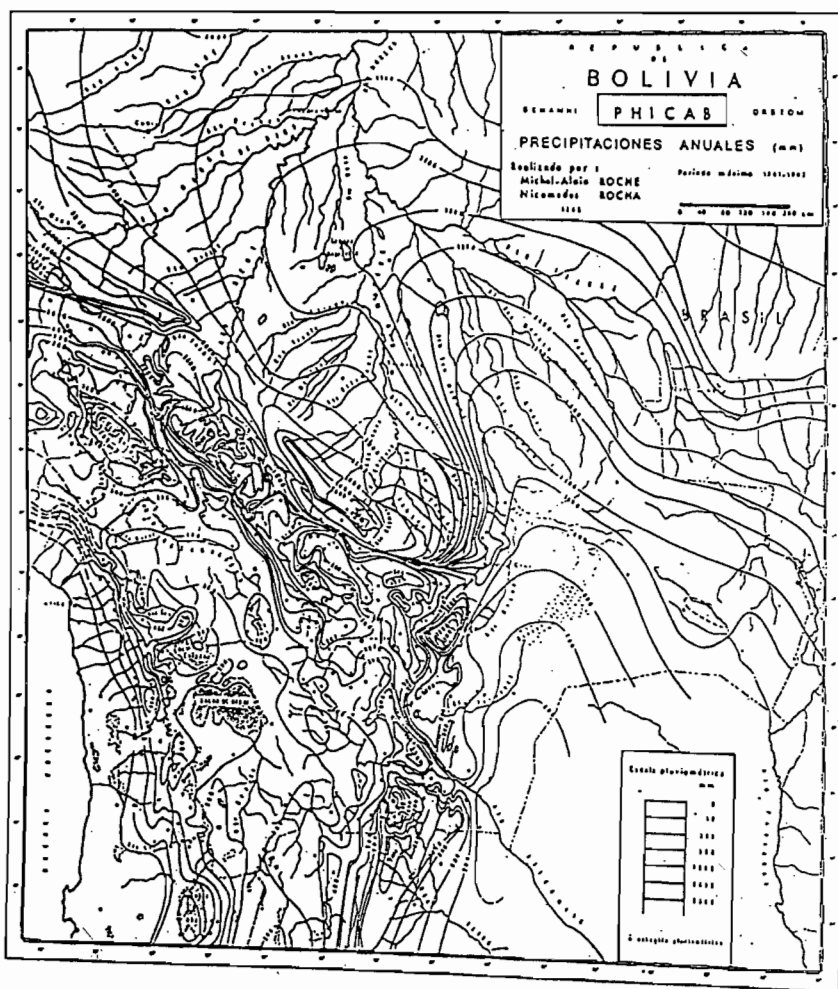


Figure 3

## 6 – REGIMENES HIDROLOGICOS

Dada la reciente creación del PHICAB, la mayoría de las estaciones hidrométricas implantadas en la Amazonia boliviana han sido explotadas sólo a partir de 1983, con, en algunos casos, lagunas importantes de observación. Las estaciones más antiguas, ubicadas a la salida de los Andes, cuentan con períodos más largos de observación: 10 años para Abapo et 20 años para Angosto del Bala.

El regimen de escurrimientos, consecuencia de la estación de lluvias en la vertiente andina, pone en evidencia la existencia de dos épocas: la estación de aguas altas, de Octubre a Abril en los Andes, que se desfasa en el tiempo a medida que se descende hacia el Madeira y de manera diferencial según la morfología del lecho del río. Es así como, en el Beni hasta Cachucla Esperanza, las aguas altas se extienden de Diciembre a Mayo. En el Mamoré hasta Guayaramerin, más extenso y de pendiente más débil, esta estación dura de Enero a Junio con un máximo en Abril (Bourges et al., 1988). Este desfase entre los dos tributarios del Madeira permite extender mejor la crecida y reducir la amplitud del máximo río abajo.

En realidad, el retraso de la onda de crecida originada en el Mamoré se debe, en gran parte, como lo prueba la forma circular y lisa del hidrograma en Guayamerin, al efecto tampon de las zonas de inundación escalonadas a lo largo de su lecho río arriba de Puerto Siles así como al aporte moderador de los afluentes de planicie. El hidrograma, muy entrecortado en Puerto Villarroel, se alisa progresivamente a lo largo del trayecto hasta formar una onda única.

Durante el período observado (1983-1987), las variaciones interanuales de los módulos (caudal medio anual) son relativamente débiles: en los ríos de origen andino, las diferencias con respecto al módulo medio son del orden del 10% en el Beni y de 15% en el Mamoré. Son mucho más fuertes en las cuencas de la planicie donde pueden alcanzar el 25% (Orthon, Itenez).

Los caudales específicos fueron objeto de una primera evaluación para el conjunto de los grandes cuencas de alto río Madeira (1968/70 - 1982) (Roche et al., 1986, 1988). En el período 1983 - 1987, los valores medios anuales de estos caudales específicos medios anuales varían sensiblemente de una zona a la otra de la cuenca, por lo general en función a la pluviometría (Roche - Rocha, 1985). La hidrolicidad más fuerte se observa en la zona del Chapare donde se originan los ríos Ichilo, Chimoré, chapare e Isoboro. Los caudales específicos rodean los 60 a 70 l/s/km<sup>2</sup>. Un segundo epicentro, ubicado también en la vertiente Este de los Andes, cubre el Alto Beni en su parte Norte (40 l/s/km<sup>2</sup> sobre el Mapiri y el Kaka) y el alto Madre de Dios (42 l/s/km<sup>2</sup> en su confluencia pero quizás más de 100 l/s/km<sup>2</sup> delante de la cuenca) (Fig. 4)

Estos caudales disminuyen cuando uno se aleja de la Cordillera: en la planicie del Beni y a lo largo del Mamoré no es de más de 15 l/s/km<sup>2</sup> y en el Itenez no sobrepasa los 7 l/s/km<sup>2</sup>. El caso particular de la cuenca alta del río Grande (5,6 l/s/km<sup>2</sup>) se explica por las condiciones orográficas particulares.

Las crecidas, violentas y rápidas a la salida de los Andes, tienen tendencia a integrarse durante su paso por la planicie. Además de las razones de hidráulica, este fenómeno se acentúa en el caso del Mamoré, como se lo recalcó anteriormente, por la configuración del lecho y, en particular, por el relleno y el vaciado de las zonas de inundación.

Las más fuertes crecidas medidas en cinco años fueron observadas en el Chapare sobre el Ichilo con un caudal específico de 300 l/s/km<sup>2</sup>. En el caudal del Beni, la crecida máxima, sobre un período más largo, medida en la desembocadura del río a la planicie presenta un caudal específico de 250 l/s/km<sup>2</sup>, para una superficie de caudal de 67000 km<sup>2</sup>. A nivel de los caudales más extendidos, se observa 100 l/s/km<sup>2</sup> en cinco años en el Madre de Dios. En el curso medio del Mamoré y en el Orthon este caudal varía de 30 a 50 l/s/km<sup>2</sup> mientras que no sobrepasa los 20 l/s/km<sup>2</sup> en el Itenez-Guaporé.

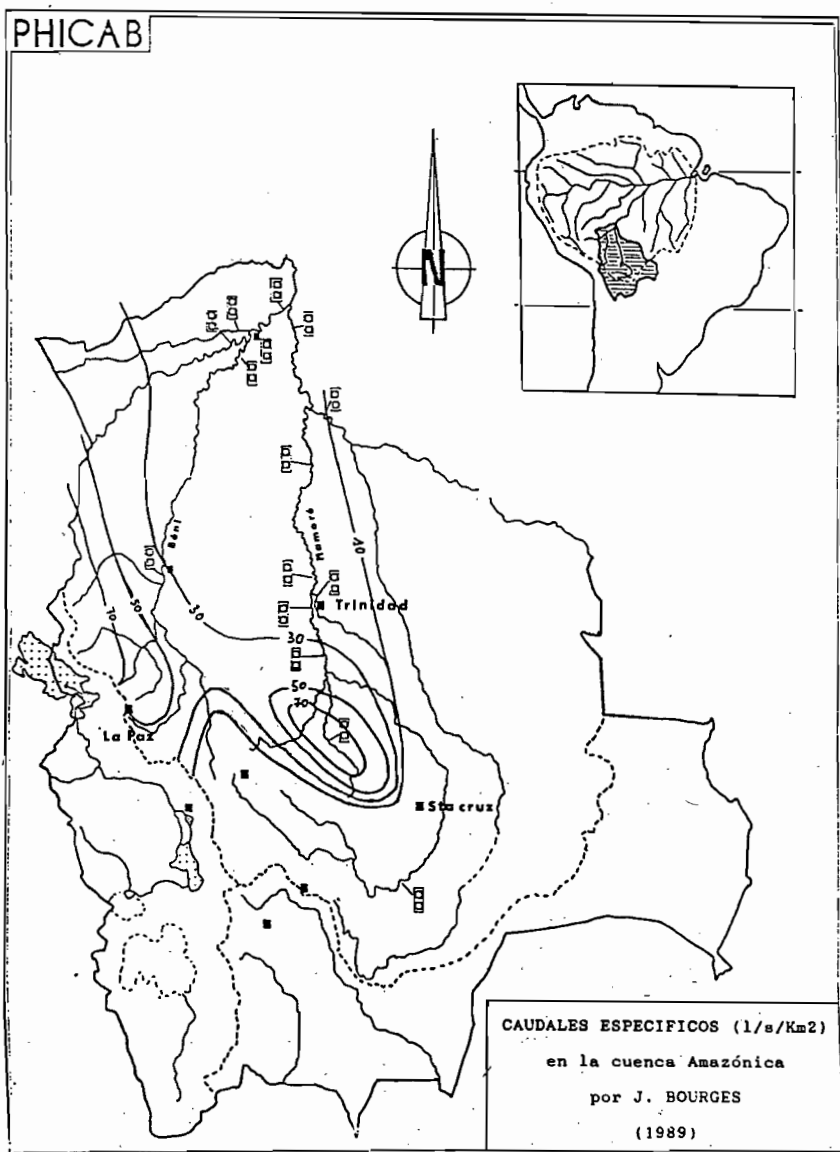


Figure 4

A nivel de su confluencia, las características de los caudales arrastrados por el Beni y el Mamoré son bastante próximos, si bien las superficies de la cuenca vertiente son muy diferentes.

Los valores de la recurrencia centenal de los caudales medios anuales, calculados sobre el año calendario, son los siguientes (Bourges et al., 1987): (Cuadro 1)

**Cuadro 1**  
**Módulos anuales de recurrencia 100 años ( $m^3/s$ )**

	BENI	MAMORE
Año seco	4500	5500
Año húmedo	12500	11400

A nivel de los caudales máximos, la configuración diferente de la cuenca del Beni se traduce por valores más altos:

**Cuadro 2**  
**Caudales máximos instantáneos de frecuencia dada ( $m^3/s$ )**

	BENI	MAMORE
Frecuencia decenal	26000	20000
Frecuencia centenal	33000	23500

**Cuadro 3**  
**Alto Rio Madeira en Bolivia, periodo 1968/70-82**  
**(Segun-M. A. Roche - 1987, 1988)**

CONJUNTO DE LA ALTA CUENCA DEL RIO MADERA		HEIDRICO							
		CLIMA				ESCORRIMIENTO			
PERIODO 1968/70-82		Superficie km <sup>2</sup>	Precipitación mm	ETR mm	mm	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	l.s <sup>-1</sup> km <sup>-1</sup>
Beni	Andes	73670	1719	781	980	72,2	13,5	25,7	31,1
Beni	Llanos	48710	1806	-739*	626	30,5	5,7	10,9	19,8
				1043					
Beni	s/total	122380	1754	-915	839	102,9	19,2	36,7	26,6
Madre	total	125000	2378	-1136	1242	155,1	28,9	55,3	39,6
Orthon	total	32360	2000	-1518	482	15,6	2,9	5,6	15,3
Beni s.l.	total	283350	2061	1140	993	280,4	52,3	100	31,5
				614					
Grande	Andes	59840	751	-612	139	8,3	1,5	3,2	4,4
Cuenca	Andes	29000	2992	-1225	-1767	51,0	9,5	19,9	55,7
Oriental				813					
Andes	s/total	88840	1480	-812	669	59,3	11,1	23,2	21,2
				1211					
Mamoré	Llaños	133230	1847	-1100	747	99,6	18,6	39,0	23,7
				1052					
Mamoré	s/total	222070	1700	-984	716	158,9	29,6	62,1	22,7
				1223					
Itenez	total	303280**	1373	-1162	211	63,9	11,9	25,0	6,7
				1155					
Mamore	Guaya- rame- rin	547060**	1519	-1064	455	248,7	46,5	97,4	14,4
Data + BV. Brazil	Llanos	20770	1690	-1350	340	7,0	1,3	2,7	10,7
				1162					
Mamoré	total	567830**	1525	-1075	450*	225,7	47,7	100	14,3
				1154					
Madera	Naci- mien- tos	851180**	1704	-1073	631	536	100	-	20

\* El signo - significa calculado por el balance hídrico

Sin signo significa evaluado por formulas.

\*\*Sin tomar en cuenta la cuenca del Izozog - Paraperi

En caso de estiaje severo, los caudales pueden disminuir, en ambos casos, por debajo de los 10000 m<sup>3</sup>/s.

## **7 – BALANCES HIDRICOS**

Los balances hídricos fueron objeto de una primera evaluación para las cuencas del río Mamoré (García, 1985), del río Beni (Espinoza, 1985), del río Itenez-Guaporé (Cruz, 1987), del río Madre de Dios (Abasto, 1988) y de diferentes ríos (Roche et al., 1986). Una primera síntesis de las lluvias, de los caudales y de la evapotranspiración del conjunto de la cuenca alta del río Madeira, resumida en el cuadro 3, fue realizada para el período 1968/70-1982 (Roche et al., 1986, 1988). Según su ubicación en los Andes o en la planicie y según la disponibilidad en aguas, la evapotranspiración real es evaluada entre 600 y 1350 mm para alturas precipitadas comprendidas entre 750 y 3000 mm.

Los coeficientes de escurrimiento de los ríos andinos decrecen del Norte al Sur, más del 50% para el Madre de Dios a 42% en el Mamoré. A la salida de los Andes, estos coeficientes son del orden de 60% (Beni y Chapare) a excepción del río Grande que es de alrededor de 20%.

En la planicie, la vegetación y la ausencia de relieve dan lugar a coeficientes de escurrimiento de 22% en el Orthon a 15% en el Itenez-Guaporé.

Al origen del Madeira, este coeficiente es de 38%.

## **8 – MATERIAS EN SUSPENSION Y EN SOLUCION. EROSION-SEDIMENTACION**

La variación estacional de las concentraciones de materias en suspensión (Fig. 5) muestra una fuerte influencia del régimen hidrológico. A los períodos de aguas altas corresponden los tenores máximos, lo esencial de la exportación de sedimentos se producirá por lo

tanto en la estación de aguas altas (Guyot, Bourges et al., 1988 - Guyot, Bourges et al., 1989). Para cada cuenca, las concentraciones máximas en materias en suspensión (MES) se observan a la salida de los Andes: 1100 mg/l en Angosto del Bala y 7500 mg/l en Abapo. Luego, las concentraciones disminuyen bajo el efecto de la dilución debidas originadas por los aportes de los ríos de la planicie.

A pesar de aportes hídricos diferentes, los flujos de sedimentos medidos a la salida de los Andes en los ríos Alto Beni y Grande tienen el mismo orden de amplitud, dadas las diferencias de concentraciones (Cuadro 4).

Cuadro 4  
Resultados (1983-1987)

Estação	Rio	Alt (m)	Área dr. ( $10^3 \text{ km}^2$ )	Chuva* (mm)	Descarga ( $\text{m}^3/\text{s}$ )( $10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ )		Mineralização (mg/l)( $10^6 \text{ t/yr}$ )		Sedimentos (mg/l)( $10^6 \text{ t/yr}$ )	
Angosto del Bala	Alto Beni	280	67	1.720	2200	69	100	6,9	1140	150
Portachuelo Miraflores	Beni	140	119	1.750	3000	95	92	8,4	890	120
	Madre de Dios	140	124	2.380	5250	166	72	11	310	61
Caracoles	Orthon	130	32	2.000	480	15	66	0,9	130	1,8
Cachuella										
Esperanza	Beni	125	282	2.060	9.300	293	76	22	360	150
Abapo	Grande	450	59	750	330	10	400	2,5	7.500	110
Puerto Villarroel	Ichilo	170	7,6	3.000	560	18	54	1,0	220	5,1
Puerto Almacen	Ibare	150	5,3	1.850	(140)	(4)	84	(0,4)	78	(0,3)
Puerto Ganadero	Mamoré	150	59	1.480	3.540	112	100	10	460	61
Puerto Siles	Mamoré	130	216	1.700	5.660	178	110	16	260	53
Campamento Guaya-ramerin	More Itenez	130	340	1.370	2.240	71	47	2,7	30	1,3
	Mamoré	125	590	1.520	8.950	282	79	19	220	63
Confluência	Madeira	120	872	1.700	18.250	575	--	41	--	213

(\*) Datos de pluviometría correspondiente ao período 1968-1982





En el caso del río Beni, el volumen de sedimentos exportados a Cachuela Esperanza es próximo al observado en Angosto del Bala. Sólo 20% de las materias en suspensión parecen depositarse luego en el piedemonte de los Andes (Angosto del Bala) hasta el confluente del río Madre de Dios (Portachuelo) situado a 600 km río abajo, en la planicie amazónica (Guyot, Bourges et al., 1988).

En el caso del río Mamoré, más del 50% de los sedimentos originados en los Andes, por el río Grande esencialmente, no llegan a la estación de Puerto Siles (Guyot, Bourges et al., 1989). Esta diferencia de comportamiento observado entre los ríos Beni y Mamoré está probablemente ligada a la extensión de las zonas inundadas. Para el período 1983-1987, el aporte de materias en suspensión al río Madeira fue estimado en 213 10.6 t/año (Cuadro 1), sea una tasa de erosión mecánica de 240 t/km<sup>2</sup>-año.

La variación estacional de los tenores en materia disuelta (Fig. ), muestra una ligera influencia del régimen hidrológico. A los períodos de aguas bajas corresponden las concentraciones máximas (Roche et al., 1986, 1988). Sin embargo, la débil amplitud de estas variaciones en relación a las variaciones estacionales de la cuenca hará que lo esencial de la exportación de materias disueltas se dé en período de aguas altas (Guyot, Roche et al., 1988).

El conjunto de cursos de agua presentan mineralizaciones inferiores a 500 mg/l y se observa el mismo fenómeno de dilución de los Andes hacia la planicie amazónica. No obstante, los flujos de materia disuelta aumentan río arriba hacia río abajo, que traduce un aporte en soluciones de la planicie amazónica. Para el período 1983-1987, el aporte de materias disueltas (iones y silicio disueltos) al río Madeira fue estimado en 41 10.6 t/año (Cuadro 4), sea cinco veces menos que las materias en suspensión, y que representa una tasa de erosión química global de 47 t/km<sup>2</sup>-año.

## 9 – FORMACION

La elaboración de resultados científicos útiles al país no es el único objetivo del programa. El aspecto de la formación reviste una gran importancia ya que permite asegurar una continuidad al término del programa. Esta formación se ejerce a varios niveles:

- a nivel técnico a través de la enseñanza y la práctica de metodologías de campo;

- a nivel del tratamiento de datos a través de la formación práctica en paquetes específicos;

- a nivel de los estudios mediante la creación de trabajo binacionales;

- a nivel de la formación universitaria con el reclutamiento de jóvenes estudiantes del IHH que preparan sus tesis de post-grado en el marco del PHICAB;

## 10 – CONCLUSION

Estos resultados, si bien difícilmente comparables por la heterogeneidad de períodos de observaciones (1968-1982 para la climatología, 1983-1987 para los otros parámetros), brindan una primera estimación de los regímenes climáticos e hidrológicos así como de los balances hídricos y de materias, desde el piedemonte de los Andes hasta la frontera brasilera en la planicie amazónica. Esta información será completada mediante la actualización hasta 1990 de los datos provenientes de la red PHICAB, así como por la utilización crítica de antiguos datos provenientes de otras instituciones (AASANA, ENDE, SENAMHI).

El conjunto de resultados así obtenidos deberá permitir a mediano plazo, comprender mejor los fenómenos climáticos e hidrológicos en los Andes y en la planicie amazónica boliviana. Finalmente, los balances de materias permitirán apreciar la velocidad de la actual

erosión de la cadena andina y luego evaluar las tasas de sedimentación en la llanura amazónica (Guyot et al., 1989).

## 11 – PHICAB - LISTE DES PUBLICATIONS - SEPTEMBRE 1989

- ABASTO N (1987). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Madre de Dios, Amazonía, Bolivia, Perú, PHICAB: CONAPHI, IHH-UMSA, ORSTOM. Tesis UMSA, La Paz, 295 p.
- ABASTO N, HOORELBECKE R, ROCHE MA, et al (1985). Características y calibración de la red hidrométrica PHICAB en la cuenca amazónica de Bolivia. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 120 p.
- ABASTO N, HOORELBECKE R, ROCHE MA, RUBIN DE CELIS L (1985). Alturas de agua y caudales, limnigramas e hidrogramas de la red hidrométrica PHICAB en la cuenca amazónica de Bolivia. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 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: ORSTOM, SENAMHI, 21 p.
- ARELLANO R (1988). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Pilcomayo. Río de La Plata, Bolivia. PHICAB: CONAPHI, IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI. Tesis UMSA, La Paz, 101p.
- BENAVIDEZ CF (1988). Influencia de los cambios en el uso del suelo sobre el escurrimiento y la erosión en la cuenca del Río Piraí. Amazonía Andina, Bolivia. PHICAB: IHH-UMSA, ORSTOM. Tesis UMSA, La Paz, 241p.
- BOURGES J (1986). La red hidrométrica del Phicab y los primeros resultados obtenidos. *Premier Symposium de la recherche française en Bolivie*, La Paz, Sept. 1986: 37-43.

- BOURGES J (1987). Aperçu sur les débits du Mamoré à Guayaramerin. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 11p.
- BOURGES J (1987). Projeet de Cachuela Esperanza. Etude sommaire des apports. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 20 p.
- BOURGES J (1988). Necesidad de una red hidrométrica para el desarrollo. Aplicación al embalse de Cachuela Esperanza. Deuxième *Symposium de la Recherche Française en Bolivie*, La Paz, Avril 1988: 90-97.
- BOURGES J, CARRASCO M (1989). Traduction en espagnol de "Hydrom", logiciel de banques de données hydrométriques. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 135p.
- BOURGES J, CORTES J, HOORELBECKE R (1987). Estudio de los caudales del Mamoré en Guayaramerín. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 29p.
- BOURGES J, CORTES J, HOORELBECKE R (1987). Etude des débits du Mamoré à Guayaramerín, PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 29 p.
- CHAVEZ GA (1987). Generación de crecidas en la cuenca del Río Ichilo en base al modelo matemático HUIG, Amazonía Bolivia. PHICAB: CONAPHI, IHH-UMSA, ORSTOM. Tesis UMSA, La Paz, 276 p.
- CORBIN D, GUYOT JL, CALLE H, QUINTANILLA J (1988). Données physico-chimiques sur les milieux aquatiques de la zone du Mamoré central, région de Trinidad, Amazonie bolivienne. PHICAB: IIQ-UMSA, ORSTOM, SENAMHI, ORSTOM Bolivie, 58 p.
- CRUZ C (1987). Balance hídrico superficial de la Cuenca del Río Itencz, Amazonía, Bolivia, Brasil. PHICAB: CONAPHI, IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI. Tesis UMSA, La Paz, 218p.
- ESPINOZA O (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Beni, Amazonía, Bolivia, PHICAB: IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI. Tesis UMSA, La Paz, 181p.

- FERNANDEZ JAUREGUI CA, ROCHE MA, ALIAGA A, PEÑA J (1987). Los recursos hídricos en Bolivia. PHICAB: CONAPHI, IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI, 20 p.
- FRIAS R (1989). Balance hídrico superficial de la cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, Río de la Plata, Bolivia. PHICAB: CONAPHI, IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI. Tesis UMSA La Paz, 263 p.
- GARCIA WA (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Mamoré, Amazonía, Bolivia, PHICAB: IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI. Tesis UMSA, La Paz, 110 p.
- GOUZE PH, FERHI A, FONTES J-CH, ROCHE MA, (1987). Composition isotopique ( $^{18}O$ ) de la matière organique des tourbières actuelles et holocènes en Bolivie. Résultats préliminaires et perspectives d'application en paléoclimatologie. Séminaire "Paléolacs-Paléoclimats", ORSTOM, Bondy, 29-30. *Géodynamique* 2 (2): 113-116.
- GUYOT JL (1986). Evolución en el espacio y el tiempo de las concentraciones de materia en solución y en suspensión de las aguas de la cuenca amazónica de Bolivia. Premier *Symposium de la recherche française en Bolivie*, La Paz. Sept. 1986: 48-53.
- GUYOT JL, BOURGES J, HOORELEBCKE R, ROCHE MA, CALLE H, CORTES J (in press). Transports of suspended sediments to the Amazon by an andine river: the Mamore river - Bolivia. IRTCES International Symposium on *River Sedimentation*, Pekin, November 1989.
- GUYOT JL, BOURGES J, HOORELEBCKE R, ROCHE MA, CALLE H, CORTES J, BARRAGAN M (1988). Exportation de matière en suspension des Andes vers l'Amazonie par le Río Beni, Bolivie. IAHS Symposium on *Sediment Budgets*, Porto Alegre, December 1988. IAHS Publ. 174 : 443-451.
- GUYOT JL, CALLE H, CALLICONDE M, QUINTANILLA J (1987). Résultats d'une campagne d'échantillonnage en basses

- caux en Amazonie bolivienne, en août-septembre 1986. PHICAB: IIQ-UMSA, ORSTOM, SENAMHI, 5 p.
- GUYOT JL, CALLE H, CORTES J, BARRAGAN C (1988). Aportaciones por el río Beni a los sitios potenciales de presas. *Deuxième Symposium de la Recherche Française en Bolivie*, La Paz, Avril 1988 : 107-113.
- GUYOT JL, CALLE H, QUINTANILLA J, CALLICONDE M (1987). Resultados de una campaña de muestreo en período de aguas bajas en la Amazonia Boliviana. *Rev. Bol. Química*, 7 (1): 36-50.
- GUYOT JL, CORBIN D, QUINTANILLA J, CALLICONDE M, CALLE H (1988). Caracterización físico-química de los ríos y lagunas de la cuenca Amazónica de Bolivia. *Deuxième Symposium de la recherche française en Bolivie*. La Paz, Avril 1988, 98-106.
- GUYOT JL, HERAIL G (1989). Mining operations and modification of the physical-chemical nature of the waters of the Rio Kakadrainage basin (Andes, Bolivia). *Sediment and the environment*. IAHS Third Scientific Assembly, Baltimore, May 1989. IAHS Publ. 184 : 115-121.
- GUYOT JL, ROCHE MA, BOURGES J (1988). Etude de la physico-chimie et des suspensions des cours d'eau de l'Amazonie bolivienne: l'exemple du Río Beni., *Journées hydrologiques de l'ORSTOM*. Montpellier, Septembre 1988.
- GUYOT JL, ROCHE MA, NORIEGA L, CALLE H, QUINTANILLA J (in press). Salinities and sediment loads on the bolivian highlands. *Jour. of Hydrology*.
- GUYOT JL, ROCHE MA, QUINTANILLA J, CALLICONDE M, NORIEGA L, CALLE H, CORTES J (1989). Cargas en suspensión, salinidades y transportes de materia sobre el Altiplano Boliviano. PHICAB: IIQ-UMSA, ORSTOM, SENAMHI, 20 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 : IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI, 24 p.
- HERBAS C (1987). Climatología de la cuenca andina y amazónica del Río Grande, Bolivia. PHICAB : CONAPHI, IHH-UMSA, ORSTOM. Tesis UMSA, La Paz, 240 p.
- LOZADA GA (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Lago Titicaca. PHICAB : IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI. Tesis UMSA, La Paz, 158 p.
- MARIACA JJ (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Lago Poopó y los salares de Uyuni y Coipasa, Bolivia. PHICAB: IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI. Tesis UMSA, La Paz, 203 p.
- QUINTANILLA J, CALLICONDE M, GUYOT JL, ROCHE MA, NORIEGA L, CALLE H, CORTES J (1989). Cargas en suspensión, salinidades y transportes de materia sobre el Altiplano Boliviano. *Revista de Ingeniería Sanitaria* 4(5) : 54-59.
- ROCHE MA (1982). Les conditions d'une étude hydrologique en Amazonie Bolivienne. PHICAB : ORSTOM, 31p.
- ROCHE MA (1986). Presentación general del PHICAB. Premier *Symposium de la Recherche Française en Bolivie*. La Paz, Sept. 1986 : 26-28.
- ROCHE MA (1986). Distribuciones espacio- temporales de los parámetros climatológicos sobre Bolivia. Premier *Symposium de la Recherche Française en Bolivie*, La Paz, Sept. 1986 : 29-32.
- ROCHE MA (1987). Les bilans hydriques des Andes et de l'Amazonie, Bolivie. Séminaire sur les "Paléolacs et Paléoclimats en Amérique latine et en Afrique", ORSTOM, Bondy, Janvier 1987. *Géodynamique* 2(2): 97-98.



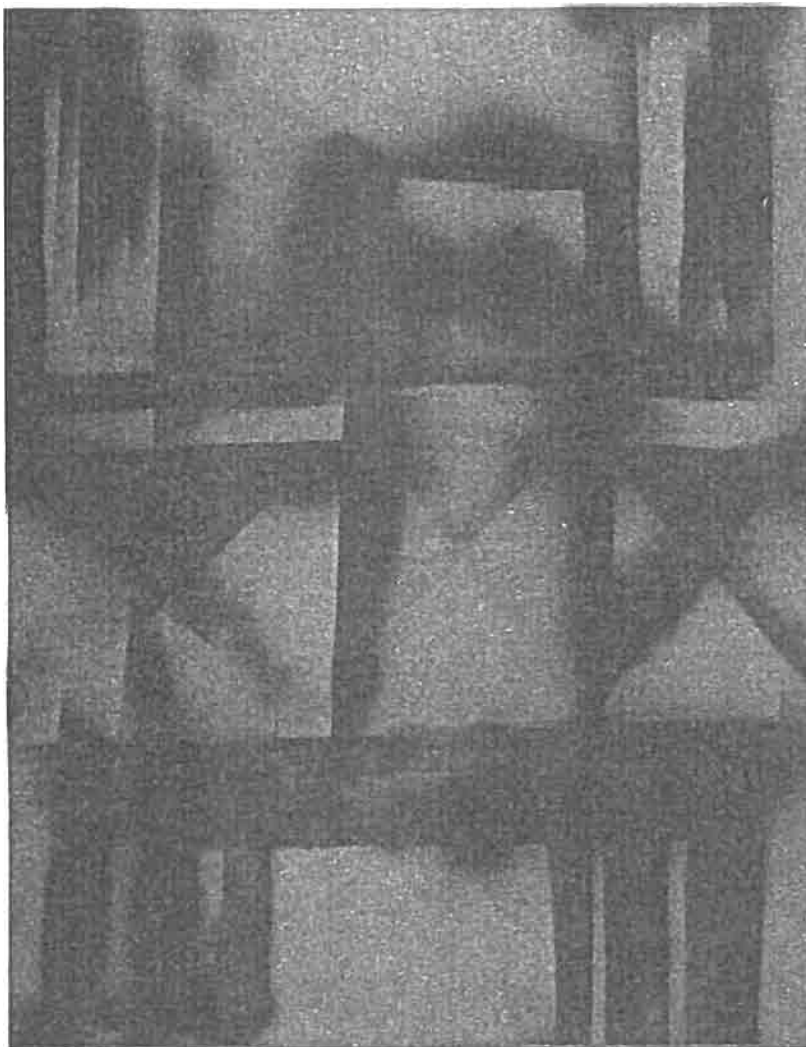
- ROCHE MA (1988). Las aplicaciones del proyecto PHICAB al desarrollo de Bolivia. *Deuxième Symposium de la Recherche Française en Bolivie*. La Paz, Avril 1988, 77-88.
- ROCHE MA (1988). Poster : el PHICAB y sus aplicaciones al desarrollo. *Deuxième Symposium de la Recherche Française en Bolivie*, La Paz, Avril 1988.
- ROCHE MA (1989). Water quality control in the humid tropics. UNESCO International Colloquium on the *Development of Hydrologic and Water Management Strategies in the Humid Tropics*, Townsville, Australia: 62 p.
- 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: LHM, ORSTOM, SENAM, 1 hoja offset.
- ROCHE MA, ABASTON, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Mapa de las concentraciones en aniones de los ríos de la Cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: LHM, ORSTOM, SENAMHI, 1 hoja offset.
- ROCHE MA, ABASTON, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Mapa de las concentraciones en cationes de los ríos de la Cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: LHM, ORSTOM, SENAMHI, 1 hoja offset.
- ROCHE MA, BOURGES J, GUYOT JL (1989). Hydrology, hydrochemistry and sediment yields in the Bolivian Amazon drainage basin. Poster and extend abstract. Regional characterization of water quality, Third IAHS Scientific Assembly, Baltimore, May 1989: 5 p.
- ROCHE MA, BOURGES J, GUYOT JL, RONCHAIL J (1986). Poster sur le Programme Climatologique et Hydrologique de la Bolivie. PHICAB: AASANA, IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI. *Premier Symposium de la Recherche Française en Bolivie*, La Paz, Septembre 1986.

- ROCHE MA, CANEDO M (1984). Programa Hidrológico y Climatológico de la Cuenca Amazónica de Bolivia. Plaquette de présentation du PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, Folleto 4 p.
- ROCHE MA, FERNANDEZ JAUREGUI C (1986). Los balances hídricos de Bolivia. Premier *Symposium de la Recherche Française en Bolivie*, La Paz, Sept. 1986: 44-47.
- ROCHA MA, FERNANDEZ JAUREGUI C (1987). Ressources hydriques, salinités et exportations salines des fleuves de l'Amazonie bolivienne. PHICAB: CONAPHI, IHH-UMSA, ORSTOM, 30 p.
- ROCHE MA, FERNANDEZ JAUREGUI C (1988). Water Resources, Salinity and Salt Exportations of the Rivers of the Bolivian Amazon. *Journal of Hydrology*, 101 : 305-331.
- ROCHE MA, FERNANDEZ JAUREGUI C, APOTEKER A, ABASTO N, CALLE H, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Reconnaissance hydrochimique et première évaluation des exportations hydriques et salines des fleuves de l'Amazonie bolivienne. PHICAB: IHH-UMSA, LHM, ORSTOM, SENAMHI, 257 p.
- ROCHE MA, FERNANDEZ JAUREGUI C, RONCHAIL J, BOURGES J, GUYOT JL (1986). Participación del PHICAB al simposio de la investigación francesa en Bolivia. PHICAB: AASANA, IFEA, IBTEN, IHH-UMSA, ORSTOM, SENAMHI, 35 p.
- ROCHE MA, ROCHA N (1985). Mapa pluviométrico de Bolivia y regiones vecinas, 1/4 000 000. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 1 hoja offset.
- RONCHAIL J (1985). Situations météorologiques et variations climatologiques en Bolivie (Situations météorologiques - Analyses de séries climatiques - Inventaire de saisons exceptionnelles). PHICAB: AASANA, IFEA, ORSTOM, SENAMHI, 60 p.

- RONCHAIL J (1985). Relations de saison remarquables avec la structure de l'atmosphère et les situations météorologiques sur l'Altiplano péruano-bolivien. PHICAB: AASANA, IFEA, ORSTOM, SENAMHI, 38 p.
- RONCHAIL J (1986). Variations climatiques hivernales à Santa Cruz de la Sierra. Amazonie bolivienne. PHICAB: AASANA, IFEA, ORSTOM, SENAMHI. Symposium sobre *Impacto del Desarrollo en la Ecología del Trópico Boliviano*, Santa Cruz, Abril 1986, 16 p.
- RONCHAIL J (1986). Variaciones climaticas en Bolivia, metodo y enfoque del estudio. Premier *Symposium de la Recherche Française en Bolivie*, La Paz, Sept. 1986: 33-36.
- RONCHAIL J (1986). Situations atmosphériques et précipitations comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie - Bolivie. PHICAB: AASANA, IFEA, ORSTOM, SENAMHI, 36 p.
- RONCHAIL J (1986). Situations atmosphériques et températures comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie - Bolivie. PHICAB: AASANA, IFEA, ORSTOM, SENAMHI, 34 p.
- RONCHAIL J (1988). Variabilidad del tiempo en Bolivia: la anomalía climática del Invierno 1988 - Bolivia. PHICAB: IHH-UMSA, LMD, ORSTOM, SENAMHI, 15 p.
- RUBIN DE CELIS L, ROCHE MA (1985). Programas informáticos para el procesamiento de datos hidrométricos básicos. PHICABHQ. Goupil 3 Flex 9 BASIC 8" ploter. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, 58 p.
- WASSON JG, GUYOT JL, DEJOUX C, ROCHE MA (1989). Regimen termico de los ríos de Bolivia. PHICAB: ORSTOM, SENAMHI, UMSA, 35 p.

ECOLOGIA,  
DESENVOLVIMENTO E  
COOPERAÇÃO NA AMAZÔNIA

JOSÉ CARLOS C. DA CUNHA  
(Organizador)



SÉRIE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA



UNAMAZ

ASSOCIAÇÃO DE UNIVERSIDADES AMAZÔNICAS  
ASOCIACION DE UNIVERSIDADES AMAZONICAS  
ASSOCIATION OF AMAZONIAN UNIVERSITIES

11