

DISTRIBUCION REGIONAL DE LA HIDROQUIMICA EN LA CUENCA AMAZONICA DE BOLIVIA

*Jean Loup GUYOT⁽¹⁾, Jorge QUINTANILLA⁽²⁾, Moisés CALLIDONDE⁽²⁾,
Héctor CALLE⁽³⁾*

(1) ORSTOM, CP 09747, 70001-970 Brasilia DF, Brasil

(2) IIQ-UMSA, CP 303, La Paz, Bolivia

(3) SENAMHI, CP 996, La Paz, Bolivia

INTRODUCCION

A continuación de los trabajos de Sioli (1950, 1957, 1968), quien ha sido el primero en caracterizar las aguas de la cuenca amazónica, fueron realizados en el Brasil numerosos estudios sobre la hidroquímica de esta vasta cuenca, que tratan sobre los grandes ríos y lagos de Várzea (Gessner, 1960; Gibbs, 1967, 1972; Williams, 1968; Ungemach, 1972; Schmidt, 1972; Richey et al., 1980, 1991; Stallard y Edmond, 1983; Furch, 1984, Forsberg et al., 1988).

En Bolivia se realizaron observaciones, algunas ya antiguas (Crespo, 1901), sobre la química de las aguas de la cuenca amazónica, dentro del marco de estudios puntuales, relacionadas con las poblaciones biológicas (Pilleri y Gihl, 1977; Corbin et al., 1988; Iltis, 1988) con problemas de irrigación de valles andinos (Magat, 1981), o al estudio local de fenómenos hidrogeológicos (Quintanilla et al., 1989). Pero el estudio global y profundo de la físico-química del conjunto de los ríos de la cuenca amazónica de Bolivia empezó con los trabajos del PHICAB (Roche et al., 1986, 1991; Roche y Fernandez, 1988; Guyot, 1986, 1992, Guyot et al., 1987, 1988, 1989, 1991; Wasson et al., 1989).

LA PREPARACION DE MUESTRAS Y LOS ANALISIS

Este estudio trata sobre 395 ríos de variada importancia, desde los glaciares de la cordillera de los Andes, hasta los ríos de llanura amazónica, pasando por los ríos de montaña semi-árida (Figura 1). Los puntos de agua fueron objeto de pruebas regulares en diferentes épocas hidrológicas en las estaciones más accesibles, y de pruebas ocasionales donde el acceso es difícil. El número de muestras obtenidas por estación desde 1983 a 1991 varía de 1 a 105, con un valor mediano de 2, y cuartiles inferior y superior (25% y 75%) de 1 y 5. En las estaciones de la red PHICAB, donde en 1986 fue realizado un muestreo decadal, el número de muestras varió de 35 a 105 según la seriedad de los observadores.

Todas las muestras fueron analizadas en La Paz en los laboratorios del SENAMHI (Conductividad, MES por filtración y peso, color y turbiedad por absorción molecular, HCO₃ por volumetría) y del IIQ-UMSA (Cl, SO₄ y SiO₂ por absorción molecular, Ca, Mg y Fe por absorción atómica, Na y K por espectrometría de llama).

LOS APORTES ATMOSFERICOS

La atmósfera es una fuente importante de materias en solución para las aguas de superficie (Gibbs, 1970). La estimación de los aportes terrestres de materias disueltas a los ríos pasa por una corrección de esta influencia atmosférica, basada en los tenores en cloruros de la lluvia y de los ríos, que son generalmente inversamente proporcionales al alejamiento de las costas (Meybeck, 1983). En la cuenca amazónica, el decrecimiento de los tenores en Cl⁻ de las aguas de lluvia en función de la distancia al Océano Atlántico es claro y progresivo en una distancia de 3000 km. Estos aportes atmosféricos no son dominantes, salvo en aquellos ríos de

la zona costera (Stallard y Edmond, 1981). Utilizando los datos y el método de cálculo de Stallard, las concentraciones en Cl^- de origen oceánico en los ríos de la cuenca del Río Madera en Villabella deberían estar comprendidos entre 4 y 6 mmol.l^{-1} (de 0.14 a 0.21 mg.l^{-1}), de Oeste a Este de la cuenca. Dado que estas concentraciones son equivalentes a la precisión de los análisis en cloruros efectuados en La Paz, la corrección de los aportes atmosféricos no ha sido efectuada en este estudio.

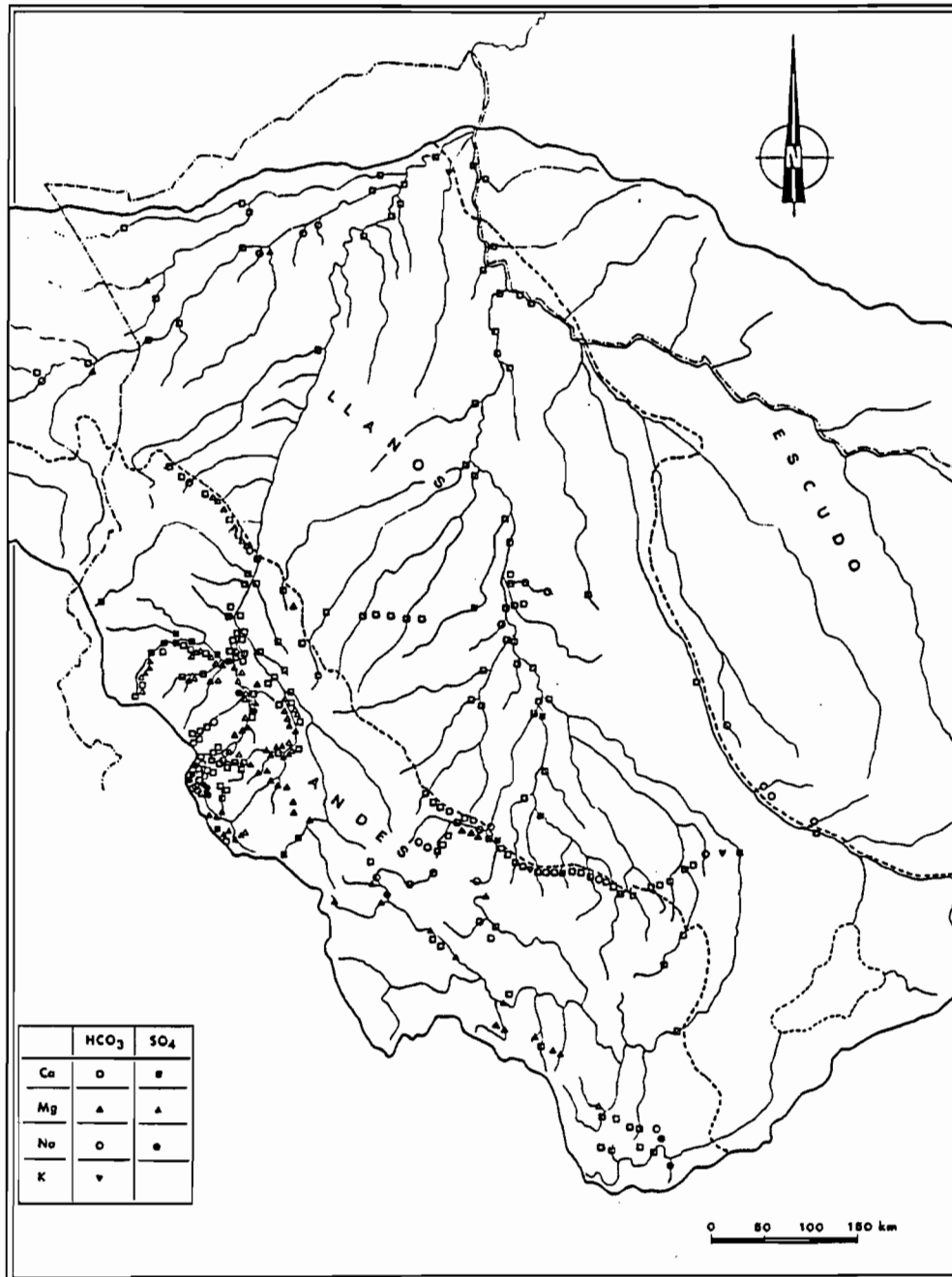


Fig. 1: Mapa de los iones dominantes de los ríos de la Amazonía boliviana, 1983-1991 (Según J.L. Guyot, 1992)

LOS RESULTADOS

Para simplificar la interpretación de estos datos hidroquímicos, 6 subcuencas fueron definidas, entre las cuales se encuentran 3 subcuencas andinas, siguiendo la denominación

propuesta por Roche (1986). La cuenca andina del Río Beni (Alto-Beni), comprende los ríos drenados por los ríos Kaka y Alto-Beni, así como los procedentes de los Andes y que se reúnen con el Río Beni en los Llanos (Ríos Madidi, Tequeje, etc.). La cuenca andina del Río Grande comprende los ríos drenados por el Río Grande, pero también por el Río Parapeti al Sur, y los ríos Pirai y Yapacani al Norte. En fin, las cuencas andinas orientales son los tributarios andinos del Río Mamoré situados al Oeste del Río Yapacani (ríos Ichilo, Ichoa, Sajta, Chimoré, Chapare, Secure, Isiboro, Apere, Yacuma, etc.). Los Llanos están clásicamente subdivididos en dos subcuencas, la del Río Beni y la del Río Mamoré. El escudo fue apenas muestreado por razones de dificultad de acceso y de lejanía de La Paz. Los diez ríos muestreados en el escudo pertenecen a la cuenca del Río Mamoré, irrigado por los formadores del Río Itenez (ríos Guaporé, Blanco-Baures, Itonamas, San Julián, etc.).

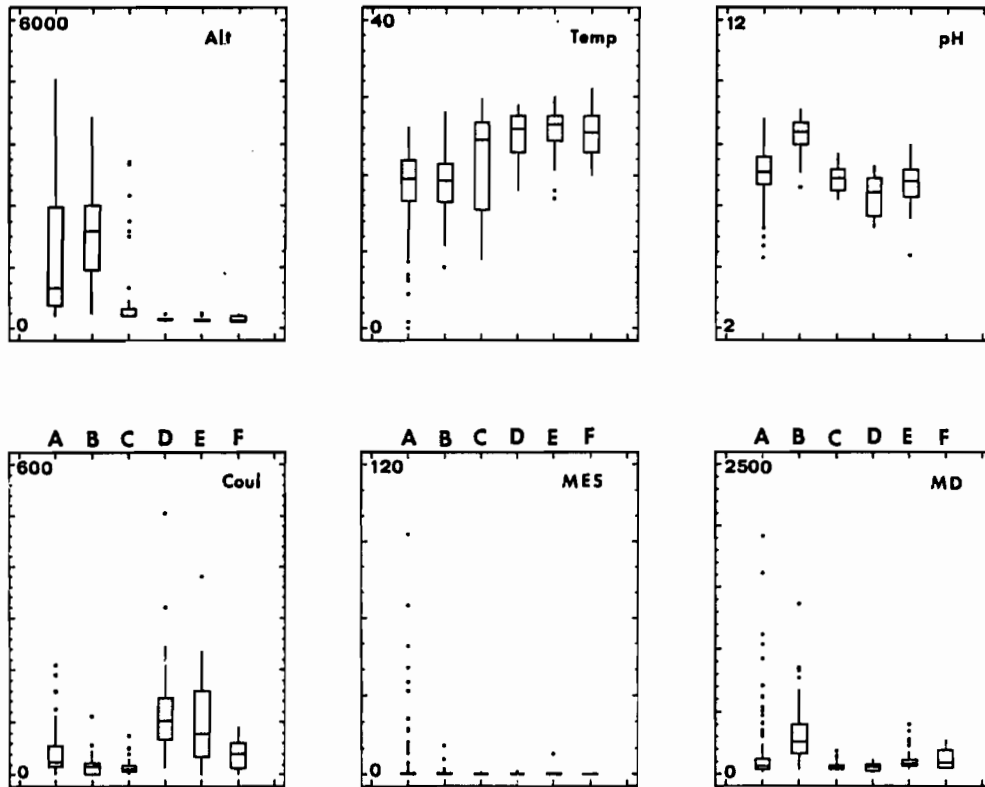


Fig. 2: Distribución estadística (mediana, cuartiles, déciles, extremos) de la físico-química de los ríos de la Amazonía boliviana, 1983-1991. A= Alto Beni, B= Grande, C= cuencas orientales, D= Beni, E= Mamoré, F= Escudo (según J.L. Guyot, 1992).

(Altura en m., temperatura en °C, color en unidades Pt/Co, MES en $g.l^{-1}$, MD en $mg.l^{-1}$)

La distribución de la altura y de la temperatura del agua de los puntos muestreados permite distinguir el dominio andino del resto de la cuenca (Figura 2). En la cuenca del Alto Beni, la gama altitudinal es la más extensa, pero el promedio es inferior a 1000 metros, mientras que en la cuenca del Río Grande, el promedio es próximo a los 2000 metros. En las cuencas andinas orientales, las alturas son claramente más bajas a pesar de algunos valores extremos, que traducen un muestreo esencialmente de piedemonte. Los datos del gráfico referentes al escudo deben tomarse con precaución debido al reducido muestreo (12 estaciones).

Los valores del pH medido en el terreno muestran valores claramente más altos en la cuenca del Río Grande. Los promedios más bajos son obtenidos en los Llanos, aunque los valores mínimos son observados en cursos de agua de bajo tenor en materias disueltas, resultado de la oxidación de la pirita. Las aguas más coloradas se encuentran en los Llanos, debido a la presencia de materia orgánica. Las materias en suspensión (MES) presentan medianas y cuartiles próximos, pero con extremos que pueden alcanzar $100 g.l^{-1}$ en la cuenca del Alto Beni (región de La Paz). La dispersión regional de las materias disueltas (MD) es más

grande en los Andes que en la planicie amazónica, con valores altos en la cuenca del Río Grande, y valores bajos en los Llanos y las cuencas andinas orientales. Las aguas que drenan el escudo brasileño tienen una mineralización intermediaria, y el Alto Beni presenta un valor mediano bajo a pesar de los valores extremos muy altos, traduciendo una cuenca heterogénea. La distribución de los tenores en materias disueltas en función de la altitud (Figura 3), muestra que si las concentraciones más fuertes son observadas en las cuencas de los ríos Alto-Beni y Grande, los tenores bajos se observan en cambio en todos los dominios estudiados.

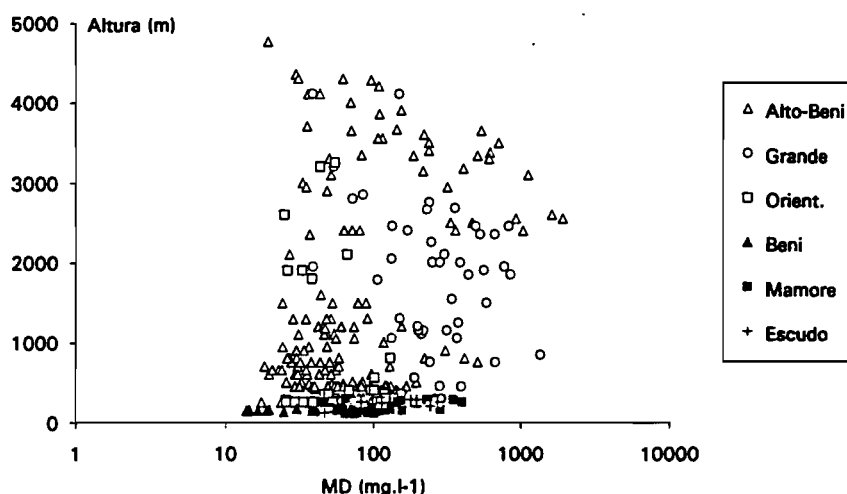


Fig. 3: Materias disueltas y altitud, ríos de la Amazonía boliviana, valores promedios para el período 1983-1991 (según J.L. Guyot, 1991).

La suma de cationes (TZ^+) presenta con toda lógica una distribución comparable a la de las materias disueltas (Figura 4). Cerca de algunas variantes, esta distribución se encuentra en los gráficos de los elementos mayores dominantes (HCO_3^- , SO_4^{--} , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+). En cambio, el potasio presenta tenores relativamente más altos en los Llanos y el escudo, aunque aún se observan fuertes tenores en las cuencas andinas, asociados al drenaje de series evaporíticas. Las concentraciones en hierro son claramente más fuertes en los Llanos que en los Andes, a pesar de los tenores localmente elevados en ciertos valles andinos. La distribución de la sílice disuelta indica que las aguas procedentes del escudo presentan los tenores más fuertes, mientras que no existe una diferencia significativa en las otras cuencas.

La sílice disuelta, cuyos tenores parecen globalmente estables, presenta variaciones que no están relacionadas a la salinidad del agua. El porcentaje de sílice disuelta es inversamente proporcional al tenor global en materias disueltas (Figura 5). En las aguas poco mineralizadas, la sílice puede representar más del 60% de las materias en solución. En realidad, la sílice disuelta, unida a la intensidad de la alteración, depende del clima y los tenores disminuyen generalmente con la altura (Meybeck, 1986).

Globalmente, las aguas de la llanura amazónica se distinguen de las de los tributarios andinos por un color poco marcado, un pH más bajo, tenores en materias disueltas bajos, y una abundancia relativa en potasio, hierro y algunas veces en sílice disuelta. Estas tendencias descubiertas en la cuenca del Amazonas, fueron estudiadas en detalle en la Amazonia boliviana con ayuda del análisis factorial (Guyot et al., 1988).

En función de los iones dominantes, pueden ser definidas diferentes facies hidroquímicas. La mayoría de los ríos encontrados son de tipo bicarbonatado, más frecuentemente cálcico o magnesiano, a veces sódico, y raramente potásico (Figura 1). En los Andes y en algunos ríos de los Llanos, las aguas encontradas son sulfatadas y corresponden, en general, a salinidades más fuertes.

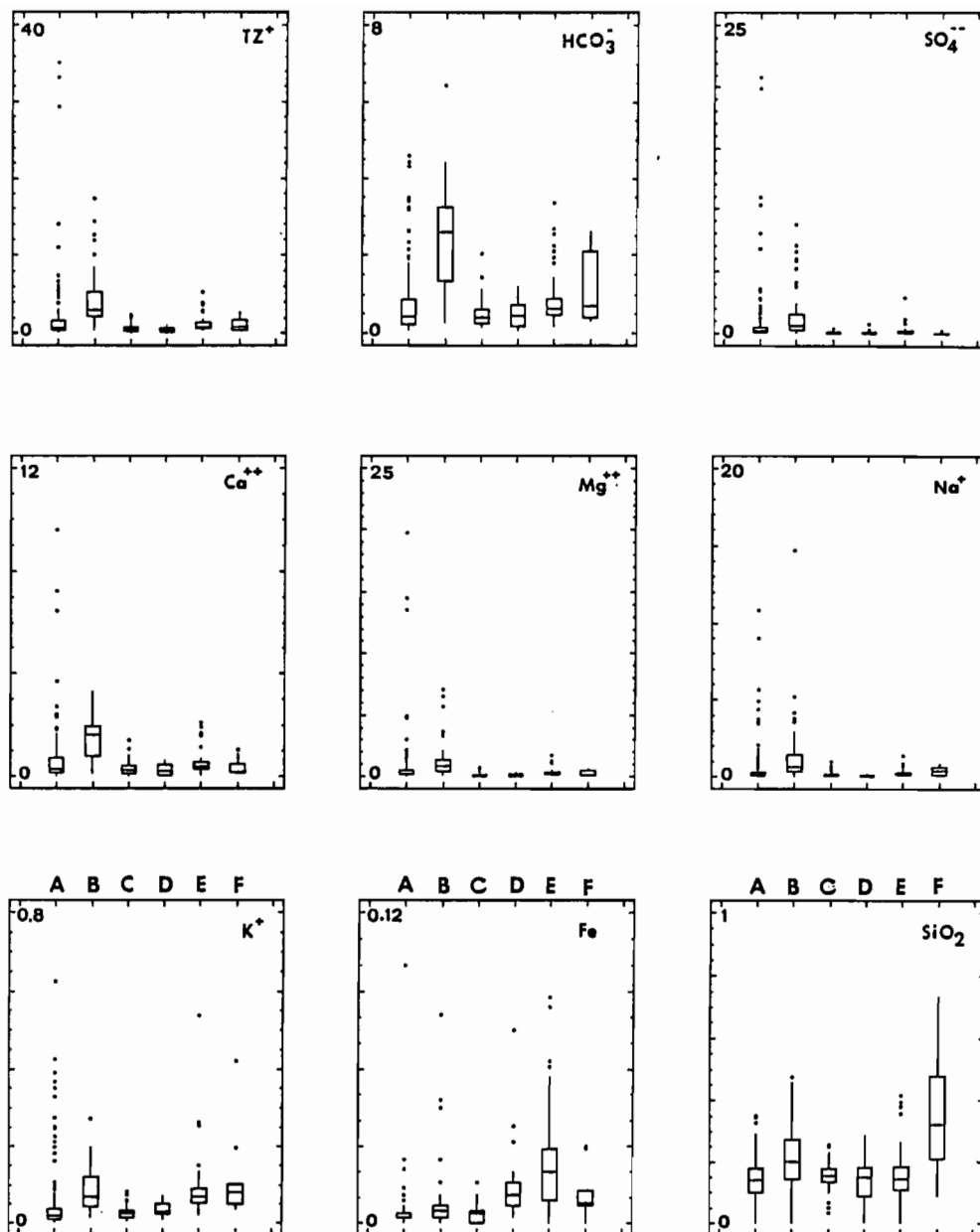


Fig. 4: Distribución estadística (mediana, cuartiles, deciles, extremos) de los elementos mayores en solución de los ríos de la Amazonía boliviana, 1983-1991. A= Alto Beni, B= Grande, C= Cuencas orientales, D= Beni, E= Mamoré, F=Escudo (según J.L. Guyot, 1992)
 (TZ⁺, HCO₃⁻, SO₄⁻⁻, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, Fe⁺⁺, en meq.l⁻¹, SiO₂ en mmol.l⁻¹).

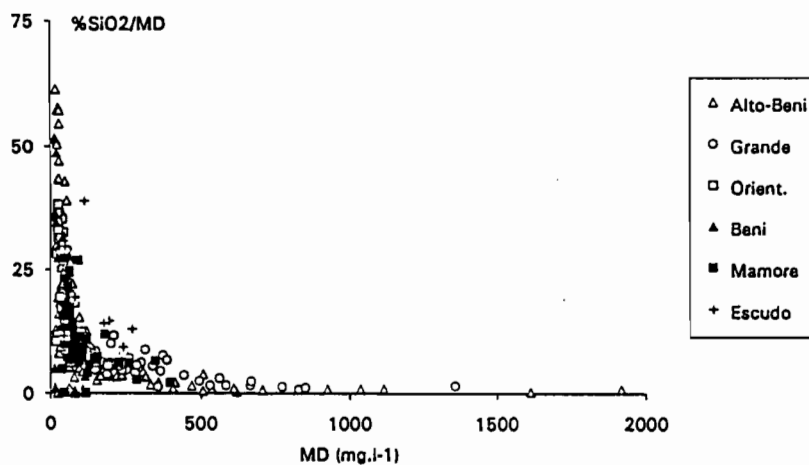


Fig. 5: SiO₂/MD vs. MD, ríos de la Amazonia boliviana, valores medios por el período 1983-1991 (según J.L. Guyot, 1992).

LAS CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS DE LAS CUENCAS ANDINAS

En las cuencas andinas, cerca de 300 ríos fueron objeto de análisis hidroquímicos, 66% de éstos en la cuenca del Alto Beni más próxima a La Paz y donde existen numerosas vías de comunicación. Las concentraciones más fuertes ($>1000 \text{ mg.l}^{-1}$) son registradas en las zonas semi-áridas de la región de La Paz-Luribay, así como en las cuencas de los ríos Grande y Parapeti, y están asociadas a facies sulfatado-magnésicas, incluso sulfatado-sódicas. Los tenores más bajos ($<50 \text{ mg.l}^{-1}$) se encuentran río arriba de los sistemas hidrológicos en la Cordillera Real, o incluso en las zonas de piedemonte del Chapare, y están esencialmente asociadas a facies bicarbonatado-cálcicas o magnésicas. Los coeficientes de variación obtenidos ($\text{CV} = \text{desviación tipo/promedio}$) del conjunto de los parámetros estudiados, muestra que la variabilidad regional más grande concierne a las materias en suspensión, y a la turbiedad. En las materias disueltas, la sílice parece ser el elemento más estable.

Cuenca del Río Alto Beni

En la cuenca del Alto Beni, los tributarios de los ríos Tipuani, Challana, Zongo, Coroico, Unduavi, Taquesi, Tamampaya y Miguillas, que drenan las cimas intrusivas de las cordilleras Real y de Quimsa Cruz (Tres Cruces), así como la espesa serie sedimentaria detrítica del Ordovícico, presentan tenores en materias disueltas inferiores a 100 mg.l^{-1} . Los tenores en sílice sobrepasan frecuentemente el 50% de la mineralización total. Las aguas son casi exclusivamente bicarbonatadas, con algunos ríos con sulfatos dominantes debido a la abundante presencia de pirita en los afloramientos. En el valle de Sorata-Consata-Mapiri, aguas arriba presenta tenores ($<100 \text{ mg.l}^{-1}$) parecidos a los de los ríos Tipuani y Challana próximos. Aguas arriba el aumento brutal de la salinidad, así como de las materias en suspensión observadas, en el Río Consata (de 300 a 500 mg.l^{-1}) provienen de erosión de las series detríticas del Silúrico-Devónico. Las aguas de este río son de tipo sulfatado-cálcico, debido a la existencia de series yesíferas localmente karstificadas. Luego, los tenores en materias disueltas no cesarán de disminuir desde aguas arriba hacia aguas abajo por el efecto de la dilución por aportes menos mineralizados.

En la cuenca de los ríos La Paz, Sapahaqui y Luribay, se observa el mismo fenómeno, con aguas bicarbonatadas de escaso tenor en materias en solución en la cuenca alta del Río Palca, que drena las formaciones intrusivas del Illimani. En La Paz, los ríos procedentes de las series sedimentarias plio-cuaternarias (ríos Huayllani, Quellumani, Achumani) que presentan fuertes cargas en MES, tienen tenores en materias disueltas comprendidos entre 100 y 300 mg.l^{-1} . Hacia río abajo, la salinidad aumenta fuertemente durante la travesía de las series detríticas del Silúrico-Devónico, y los tenores de 500 a 2000 mg.l^{-1} son frecuentemente observados en las aguas que son sulfatadas.

El aumento de la salinidad en las cuencas de los ríos Consata-Mapiri, La Paz, Sapahaqui y Luribay durante la travesía de las series del Silúrico-Devónico está probablemente relacionada a la presencia de niveles yesosos, pero también a la alteración de pizarras negras. Esta alteración produce eflorescencias blancas que se ponen en solución durante episodios lluviosos. En estiaje, aparecen en el lecho desecado de estos ríos depósitos salinos de la misma naturaleza. El análisis geoquímico de estos depósitos mostró que están esencialmente constituidos por sulfatos y magnesio (Roche et al., 1986). Los dos elementos mayores de estos depósitos (S y Mg) son altamente solubles, y el lavado de estos terrenos por las aguas de lluvia ocasiona un aumento de salinidad hacia el polo sulfatado-magnésico, característico de las aguas con fuerte mineralización de esta región.

Hacia aguas más abajo, los ríos Kaka, Boopi y Alto Beni reciben, durante la travesía del subandino, los aportes de afluentes modestos cuyos tenores están comprendidos entre 100 y 200 mg.l^{-1} , y casi siempre de tipo bicarbonatado cálcico o magnésico. Este aumento de la salinidad en el subandino está, muy probablemente, relacionado a los depósitos sedimentarios terciarios que están ampliamente representados en esta región. Los tributarios andinos del Río

Beni que drenan el borde septentrional de los Andes (de Rurrenabaque a Ixiamas) presentan las mismas características.

Cuenca del Río Grande

En la cuenca del Río Grande, sometida a un clima más árido, las concentraciones observadas varían de 40 a 1000 mg.l⁻¹, y alcanzan valores de 1400 mg.l⁻¹ en la cuenca del Río Parapeti situado más al Sur. Las concentraciones más bajas son observadas río arriba, en los contrafuertes de la Cordillera de Tunari, cerca de Cochabamba, donde las aguas de tipo bicarbonatado-cálcico. Las aguas más cargadas en sales disueltas, son también aquellas que transportan más materias en suspensión, y provienen de las series del Silúrico-Devónico, drenadas por los formadores occidentales del Río Caine (ríos Tapacari, Arque). La facies de estas aguas es generalmente de tipo sulfatado magnésico.

Durante la travesía del valle de Cochabamba, la salinidad aumenta también debido al afloramiento de series salíferas y yesosas del Mesozoico (Magat, 1981). Aguas más abajo, en la región de Torotoro, los afluentes de la orilla derecha procedentes de los formadores carbonatados karsificados del Cretáceo llevan aguas bicarbonatadas cálcicas, cuyos tenores están comprendidos entre 200 y 400 mg.l⁻¹. Los tributarios andinos del Río Grande en los Llanos (ríos Yapacani y Piraí) también tienen concentraciones comprendidas entre los 200 y 400 mg.l⁻¹, y una facies bicarbonatada cálcica. La sílice disuelta raramente representa más del 10% de la mineralización en estas cuencas andinas.

Cuencas andinas orientales

En las cuencas andinas orientales, los tenores encontrados son claramente más bajos y no pasan jamás de 150 mg.l⁻¹. En el Chapare, las concentraciones medias son frecuentemente inferiores a 50 mg.l⁻¹. Las aguas son generalmente de tipo bicarbonatado cálcico, algunas veces magnésico. Son observados tenores más importantes en el subandino, en la región de Villa Tunari donde los formadores del Río Chapare presentan tenores ligeramente superiores a 100 mg.l⁻¹. Sucede lo mismo con los tributarios andinos del Río Yacuma, así como con los tributarios del Río Beni, esta salinidad ligeramente más alta parece provenir de las series sedimentarias terciarias del subandino.

LAS CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS DE LOS LLANOS

En los llanos de la cuenca del Río Madeira en Villabella, 88 ríos fueron muestreados, sin considerar los procedentes del escudo brasileño, 35 pertenecientes a la cuenca del Río Beni y 53 a la cuenca del Río Mamoré. Las concentraciones encontradas son generalmente más bajas que en los Andes, debido al fenómeno de dilución por los aportes laterales de los ríos de llanura. Los fuertes tenores del Río Grande se hacen sentir bastante lejos hacia aguas abajo. Los coeficientes de variación (CV) en cada uno de los elementos muestran que la variabilidad regional de los tenores es más baja en los Llanos que en los Andes, sobre todo para Cl, Mg, Na y Fe. Lo esencial de esta variabilidad es causado por el Río Grande.

Cuenca del Río Beni

En las cuencas de los ríos Beni, Madre de Dios, Orthon, los afluentes de la llanura, que drenan exclusivamente los depósitos sedimentarios cuaternarios, tienen salinidades muy bajas, comprendidas entre 15 y 50 mg.l⁻¹, las facies hidroquímicas están mal definidas (bicarbonatada cálcico-sódico-magnésico), y la sílice puede representar el 30% de las materias disueltas. Los ríos que tienen un origen andino están ligeramente más mineralizados (de 50 a 100 mg.l⁻¹), mientras que los ríos que drenan las series sedimentarias terciarias (ríos Tahuamanu, Boyuyo) presentan los tenores más fuertes (de 100 a 120 mg.l⁻¹).

Cuenca del Río Mamoré

En la cuenca del Río Mamoré, el Río Grande marca fuertemente el sistema de las aguas aún cargadas (300 mg.l^{-1}) en la confluencia con el Río Ichilo. Los tenores más bajos ($<50 \text{ mg.l}^{-1}$) son observados en algunos afluentes de llanura del Río Ichilo (ríos Chimoré, Chore), situados a proximidad del piedemonte andino, o en la región de Trinidad (Río Mocovi). Los afluentes de la orilla izquierda del Río Mamoré en los Llanos presentan concentraciones comprendidas entre 50 y 150 mg.l^{-1} , para una facies hidroquímica casi exclusivamente bicarbonatada cálcica. Estos tenores, que son más altos que los observados en los afluentes del Río Beni, conciernen también a los ríos que no tienen origen andino (ríos Iruyane, Tijamuchi, etc.). Esta diferencia puede deberse a la existencia de series sedimentarias terciarias no cartografiadas, que llevan consigo generalmente un aumento de la salinidad. Pero es posible que los fenómenos de evaporación que intervienen en las zonas de inundación que en estas cuencas están muy extendidos, acarrear también un aumento de la mineralización. El Río Yata, que drena exclusivamente los Llanos, presenta una mineralización de 50 mg.l^{-1} y un facies bicarbonatado potásico.

LAS CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS DEL ESCUDO BRASILEÑO

Una docena de ríos de llanura, procedentes del escudo brasileño, fueron muestreados. Este pequeño número de muestras se explica por las dificultades de acceso y de distancia de La Paz. Los coeficientes de variación obtenidos (CV) indican una variabilidad regional de los tenores bastante baja, a pesar de un muestreo reducido.

Los resultados obtenidos permiten distinguir dos tipos de ríos. Los afluentes de la orilla derecha del Río Mamoré (ríos Negro y Ouro Preto), así como el Río Guaporé-Itenez, presentan tenores bajos ($<50 \text{ mg.l}^{-1}$), y de tipo bicarbonatado cálcico. Estos ríos drenan esencialmente las series precámbricas plutónicas ácidas del zócalo (Pareja et al., 1978). Un segundo grupo está compuesto por ríos claramente más mineralizados (de 80 a 300 mg.l^{-1}), generalmente de facies bicarbonatado sódico. Estos ríos que drenan el borde meridional del zócalo, proceden de las series del complejo metamórfico precámbrico.

REFERENCIAS

- AHLFELD F., BRANISA L. 1960. Geología de Bolivia, Ed. Don Bosco, La Paz, 245 p.
- CORBIN D., GUYOT J.L., CALLE H., QUINTANILLA J. 1988. Datos físico-químicos de los medios acuáticos de la zona del Mamoré central, región de Trinidad, Amazonia boliviana. Publ. Orstom, La Paz, N°8, 58 p.
- CRESPO L.S. 1901. Monografía de la ciudad de La Paz. Boletín de la Sociedad Geográfica de La Paz 7, 8: 237-268.
- FORBERGERG B.R., DEVOL A.H., RICHEY J.E., MARTINELLI L.A., LOS SANTOS H. 1988. Factors controlling nutrient concentrations in Amazon floodplain lakes. Limnology and Oceanography 33(1): 41-56.
- FURCH K. 1984. Water chemistry of the Amazon basin: The distribution of chemical elements among freshwaters, 167-199. In The Amazon, Sioli H. (ed.). W. Junk, Dordrecht.
- GESSNER F. 1960. Ensayo de una comparación química entre el Río Amazonas, el Río Negro y el Río Orinoco. Acta Científica Venezolana 11(2): 63-64.
- GIBBS R.J. 1967. The Geochemistry of the Amazon River System. Part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. Geological Society of America Bulletin 78: 1203-1232.

- GIBBS R.J. 1970. Mechanisms controlling World Water Chemistry. Science 170: 1088-1090.
- GIBBS R.J. 1972. Water Chemistry of the Amazon River, Geochimica et Cosmochimica Acta 36: 1061-1066.
- GUYOT J.L. 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, 48-53. *In* 1er Simposio de la Investigación Francesa en Bolivia. La Paz, Sept. 1986. Publ. Orstom, La Paz.
- GUYOT J.L. 1992. Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonie bolivienne. Thèse de Doctorat, Univ. Bordeaux, 362 p.
- GUYOT J.L. CALLE H., QUINTANILLA J., CALLICONDE M. 1987. Resultados de una campaña de muestreo en periodo de aguas bajas en la Amazonia boliviana. Revista Boliviana de Química 7(1): 36-50.
- GUYOT J.L., CORBIN D., QUINTANILLA J., CALLICONDE M. CALLA H. 1988. Caracterización físico-química de los ríos y lagunas de la cuenca amazónica de Bolivia, 98-106. *In* 2do Simposio de la Investigación francesa en Bolivia, C. Dejoux (ed.), Orstom, La Paz.
- GUYOT J.L. ROCHE M.A., BOURGES J. 1989. Etude de la physico-chimie des eaux et des suspensions des cours d'eau de l'Amazonie bolivienne: exemple du Rio Beni, 13-41. *In* 4èmes Journées Hydrologiques de l'Orstom, Montpellier, Septiembre 1988.
- GUYOT J.L., WASSON J.G., SANEJOUAND H., QUINTANILLA J., CALLE H. 1989. Primera evaluación del impacto de la ciudad de La Paz sobre el medio amazónico. Evaluación de la físico-química y del carbono orgánico total (COT) a lo largo del Río La Pa-Boopi, 31-38. *In* Simposio sobre la preservación del medio ambiente, La Paz, Octubre 1989.
- GUYOT J.L. BOURGES J., CORTES J., JOUANNEAU J.M., QUINTANILLA J., ROCHE M.A. 1991. Regimes hidroquímicos e dos sedimentos dos rios da bacia amazônica da Bolivia, 149-158. *In* Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos, Rio de Janeiro, Novembro 1991, Publ. ABRH.
- GUYOT J.L., CORBIN D., QUINTANILLA J., CALLE H. 1991. Hydrochimie des lacs dans la région de Trinidad (Amazonie bolivienned). Influence d'un fleuve andin: le Rio Mamoré. Revue d'Hydrobiologie Tropicale 24(1): 3-12.
- ILTIS A. 1988. Datos sobre las lagunas de altura de la región de La Paz (Bolivia). Publ. Orstom, La Paz, N° 14, 50 p.
- MAGAT P. 1981. Première évaluation de la géochimie des eaux dans les vallées de la Cordillère orientale de Bolivie. Publ. Orstom/Umss, Cochabamba, 35 p.
- MEYBECK M. 1983. Atmospheric inputs and river transport of dissolved substances, 173-192. *In* Dissolved loads of Rivers and Surface Water Quantity/Quality Relationships. Webb W.B. (ed.), Hamburg, August 1983. IAHS Publ. 141.
- MEYBECK M. 1986. Composition chimique des ruisseaux non pollués de France. Bulletin des Sciences Géologiques, 39(1): 3-77.
- PAREJA J., VARGAS C., SUÁREZ R., BALLON R., CARRASCO R., VILLARROEL C. 1978. Mapa geológico de Bolivia, memoria explicativa. Ed. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos y Servicio Geológico de Bolivia, La Paz, 27 p.
- PILLERI G., GIHR M. 1977. Observations on the Bolivian and the Amazonian Bufo with a description of a new subspecies, 11-76. *In* Investigations on Cetacea, Pilleri G. (ed.), Vol. VII.
- QUINTANILLA J., GEMIO R., CALLICONDE M. MARTINEZ J., WIRRMANN D. 1989. Estudio preliminar de la hidrogeología e hidroquímica de la laguna Santa Rosa. Revista Boliviana de Química, 8(1): 49:56.
- RICHEY J.E., BROCK J.T., NAIMAN R.J., WISSMAR R.C., STALLARD R.F. 1980. Organic Carbon: Oxidation and Transport in the Amazon River. Science 207: 1348-1351.

- RICHEY J.E., VITORIA R.L., SALATI E., FOSBERG B.R. 1991. The biogeochemistry of a Major River System: The Amazon Case Study, 57-74. In Biogeochemistry of Major World Rivers, Scope 42, Degens E.T., Kempe s. y Richey J.E. (eds.), J. Willey, Chichester.
- ROCHE M.A., 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. Publ. Phicab, La Paz, 257 p.
- ROCHE M.A., FERNANDEZ C. 1988. Water Resources, Salinity and Salt Yields of the Rivers of the Bolivian Amazon. Journal of Hydrology 101: 305-331.
- ROCHE M.A., FERNANDEZ-JAUREGUI C., ALIAGA A., BOURGES J., CORTES C., GUYOT J.L., PEÑA J., ROCHA N. 1991. Water and salt balances of the Bolivian Amazon, 83-94. In Water Management of the Amazon Basin, Braga B.P.F. y fernandez-Jáuregui C. (eds.), Publ. Unesco-Rostlac, Montevideo.
- SCHMIDT G.W. 1972. Seasonal changes in water chemistry of a tropical lake (Lago do Castanho, Amazonia, South America). Verth. Internat. Verein. Limnol. 16: 613-621.
- SIOLI H. 1950. das Wasser im amazonasgebiet. Froschungen und Fortschritte 21/22: 274-280.
- SIOLI H. 1957. Valores de pH de águas amazônicas. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi 1: 1-37.
- SIOLI H. 1968. Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. Amazoniana 1(3): 267-277.
- STALLARD R.F., EDMOND J.M. 1981. Geochemistry of the Amazon. 1. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the time of peak discharge. Journal of Geophysical Research 86(10): 9844-9858.
- STALLARD R.F., EDMOND J.M. 1983. Geochemistry of the Amazon. 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. Journal of Geophysical Research 88(14): 9671-9688.
- UNGEMACH H. 1972. Die Ionenfracht des Rio Negro, Staat Amazonas, Brasilien, Amazonianan 3(2): 175-185.
- WASSON J.G., GUYOT J.L., DEJOUX C., ROCHE M.A. 1989. Régimen térmico de los ríos de Bolivia. Publ. Phicab, La Paz, 35 p.
- WILLIAMS P.M. 1968. Organic and Inorganic Constituents of the Amazon River. Nature 218: 937-938.