

Simposio sobre la preservación del medio ambiente
La Paz, Bolivia, Octubre 1989.

PRIMERA EVALUACION DEL IMPACTO DE LA CIUDAD DE LA PAZ SOBRE
EL MEDIO AMAZONICO. EVOLUCION DE LA FISICO-QUIMICA Y DEL CARBONO
ORGANICO TOTAL (COT) A LO LARGO DEL RIO LA PAZ-BOOPI.

Jean Louis GUYOT & Jean Gabriel WASSON
ORSTOM, C.P. 9214, La Paz, Bolivia.

Hélène SANEJOUAND
CEMAGREF, 3 Quai Chauveau, 69336 Lyon cedex 09, Francia.

Jorge QUINTANILLA
IIQ-UMSA, C.P. 303, La Paz, Bolivia.

Héctor CALLE
SENAMHI, C.P. 996, La Paz, Bolivia.

1 - Introducción

El programa PHICAB (Convenio IHH-IIQ/UMSA, ORSTOM, SENAMHI) estudia el clima, la hidrología y la fisico-química de las aguas de la cuenca vertiente de la Amazonía Boliviana. La caracterización hidroquímica de estos cursos de agua, en los Andes y en la Amazonía, es posible gracias a muestreos efectuados sobre el conjunto de las cuencas menores en períodos hidrológicos particulares (aguas altas, estiaje, etc.).

El convenio de hidrobiología (ORSTOM-UMSA) cuyo trabajo concierne el inventario de especies biológicas (plancton, peces) en los diferentes ecosistemas acuáticos de Bolivia, tales como los lagos de la Cordillera Real, de los lagos Titicaca y Poopó hasta los ríos de la Amazonía boliviana : el río Mamoré.

En junio de 1988, período de aguas medias, se efectuó una campaña de muestreos en coordinación de los 2 programas anteriormente señalados.

Esta campaña se efectuó en los cursos del río La Paz-Boopi-Alto Beni y sus principales afluentes, desde La Paz hasta Sapecho, con el objetivo de estimar el impacto de la primera ciudad de Bolivia en la cuenca alto Andina del río Beni.

Las muestras biológicas (invertebrados, peces) actualmente están en proceso de cuantificación las mismas que servirán de datos preliminares para futuros trabajos sobre biología. En éste trabajo se presentarán los resultados concernientes a la hidroquímica y al carbono orgánico.

2. El medio

El río La Paz (fig. 1) inicia su curso al pie del Nevado Chacaltaya (5.600 m.s.n.m.), bajo la forma de pequeños afluentes de agua clara, poco mineralizadas, nacidas de los glaciares. Este curso de agua (río Choqueyapu) así como sus principales formadores (ríos Irpavi, Achumani, etc.) atraviesan después la aglomeración urbana de La Paz a 3.500 m.s.n.m., de aproximadamente 700.000 habitantes ; donde van a cargar a éste cuerpo de agua con materias en solución y en partículas, orgánicas y minerales de origen antrópico.

En su parte inferior, este curso de agua con fuerte pendiente va a atravesar una zona de valles cortando las formaciones del Plio-Cuaternario del Altiplano, que van a proporcionar sedimentos, al igual que las series del Paleozoico de la Cordillera. El río La Paz recibe en su orilla derecha al río Luribay : afluente que drena las mismas series. Esta región de valles semi-áridos con vegetación arbustiva recibe menos de 500 mm.año⁻¹ de lluvia (Roche & Rocha, 1985). Los ríos de ésta cuenca presentan una fuerte mineralización y elevados contenidos en materia en suspensión (MES), ligados a la geología y al clima.

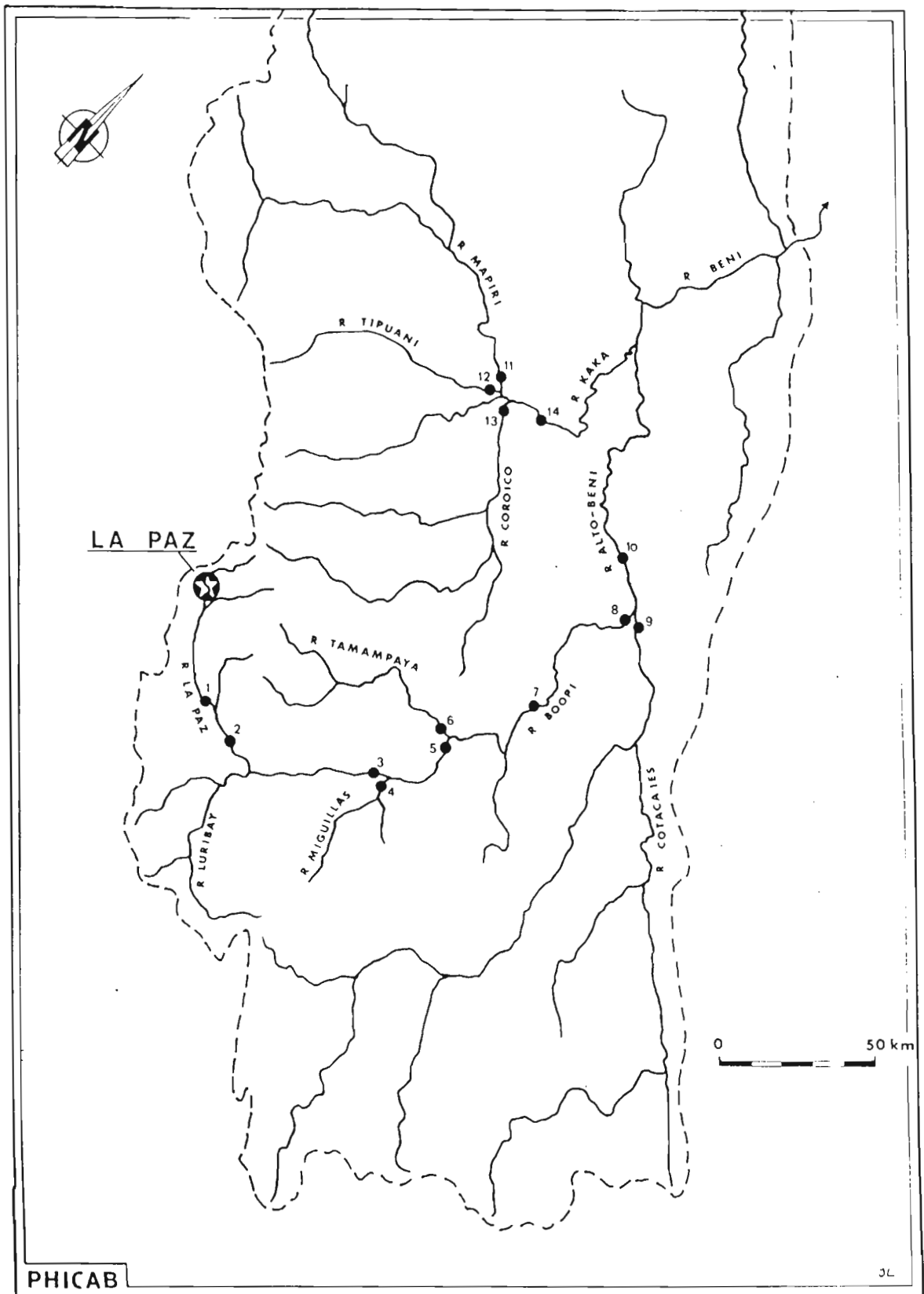


Fig. 1 : Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.
Ver tabla 1 para el código de las estaciones.

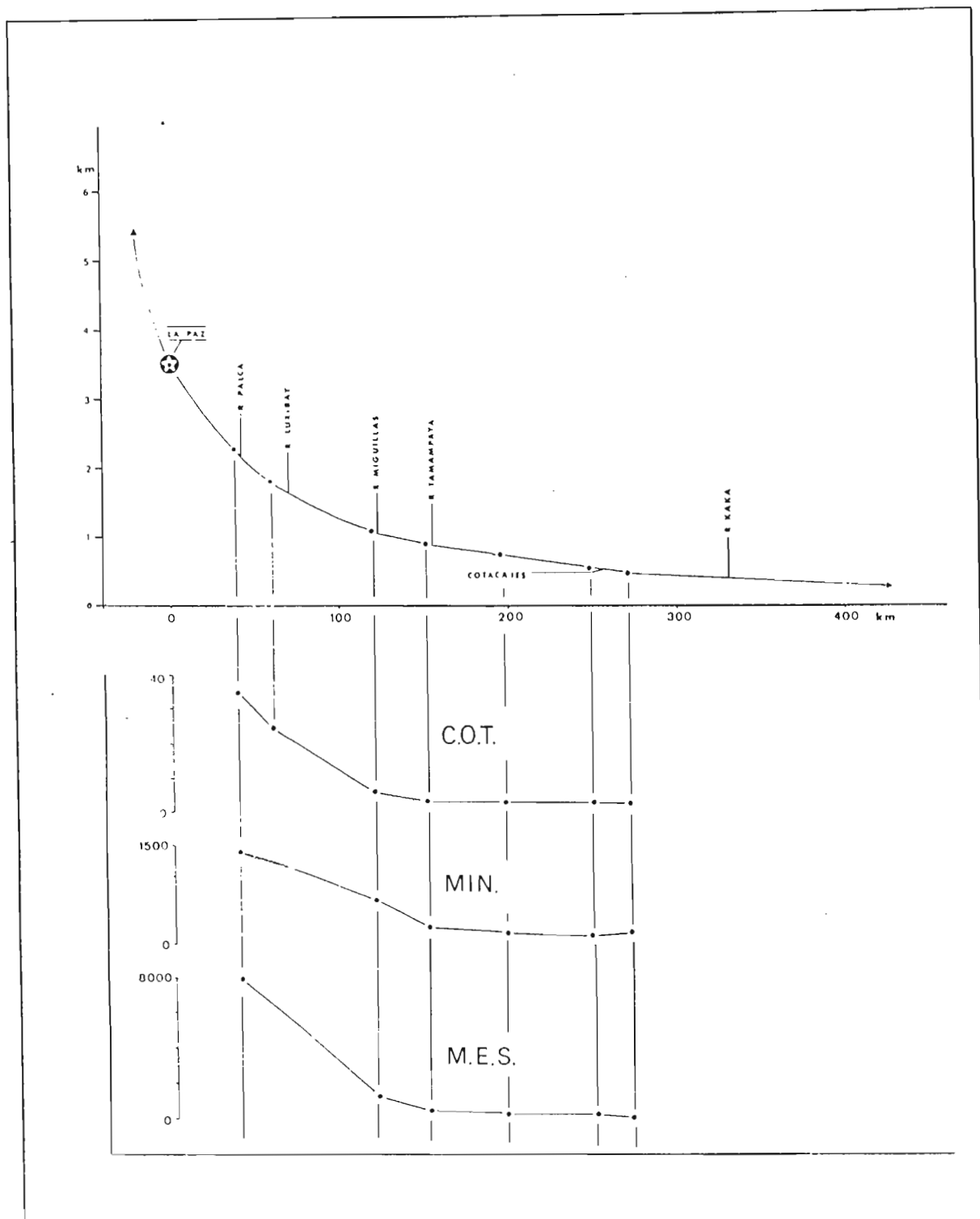


Fig. 2 : Perfil longitudinal del río La Paz-Boopi-Alto Beni. Evolución de aguas arriba hacia abajo del carbono orgánico total (COT), de la mineralización (MIN) y de las materias en suspensión (MES) en mg.l-1, junio 1988.

Después, el río La Paz atravieza la Cordillera Real, al pie del Illimani, y recibe más lejos numerosos afluentes. Los dos principales, los ríos Miguillas en la orilla derecha y el río Tamampaya en la orilla izquierda, tienen sus orígenes en los contrafuertes septentrionales de la Cordillera, siendo una región de elevada pluviometría ($>2.000 \text{ mm.año}^{-1}$), con una importante cobertura vegetal (bosque húmedo tropical). Estos cursos de agua presentan débiles mineralizaciones y contenidos en M.E.S. variables, según las cuencas y las estaciones (Guyot & al., 1988).

Posteriormente, el río Boopi atraviesa los últimos relieves del Sub-Andino, algunas veces a través de desfiladeros ó gargantas impresionantes hasta encontrar el gran valle del río Alto-Beni, hacia los 600 metros de altitud.

3. Muestreo de Junio 1988

3.1. Físico-Química

Las muestras de agua fueron analizadas en La Paz, en los laboratorios de SENAMHI (MES, Alcalinidad Total) y del IIQ de la UMSA (Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio y Sílice disuelta).

Fuera de toda contaminación, las aguas naturales de esta cuenca vertiente presentan dos facies : sulfato-magnésico y bicarbonato-calcico o magnésico. Con la excepción del río La Paz; todas las mineralizaciones son inferiores a 200 mg.l^{-1} (tabla 1), los contenidos en M.E.S. para éste período, son débiles en los principales afluentes, del orden de 100 mg.l^{-1} ; a parte del río Tipuani donde la explotación aurífera es el origen de un importante transporte de sedimentos (Guyot & Hérail, 1989). El río La Paz, luego Boopi, se caracteriza por tener contenidos (en solución y en suspensión) superiores a los observados en los otros cursos de agua, y que van disminuyendo progresivamente desde río arriba hacia abajo. El origen de estas fuertes concentraciones tiene un doble origen : a) el aporte de las cuencas vertientes menores, como la del río Luribay; b) la contaminación heterogénea del conglomerado ciudadano de la ciudad de La Paz; siendo esta última causa la más predominante. Sin tomar en cuenta la Sílice disuelta, la aumentación de la salinidad se traduce por un incremento de todos los iones mayores. Trabajos anteriores han mostrado el mismo fenómeno en los nitratos (Roche & al., 1986).

La evolución de río arriba hacia abajo de la mineralización (fig. 2) muestra una disminución progresiva de la salinidad, ligada al fenómeno de dilución progresiva por el aporte de los afluentes con aguas menos mineralizadas. La misma evolución es observada para la materia en suspensión (M.E.S.), pero con un descenso más rápido de las concentraciones, los fenómenos de sedimentación y la dilución por los afluentes menos cargados son las causas.

T A B L A 1.

N°.	RIO	ESTACION	CO.T mg/l	M.E.S. mg/l	MIN. mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Si O ₂ mg/l
1	La Paz	CFL.Palca	34,1	7850	1370	266	37	686	100	125	132	12,0	10,3
2	La Paz	Tirata	24,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	La Paz	La Plazuela	5,9	1260	649	122	8,5	382	36,4	37,6	44,8	4,0	14,0
4	Miguillas	La Plazuela	2,9	15	83	17,1	2,3	29,3	4,1	7,7	3,3	0,4	15,2
5	La Paz	CEL.Iamampaya	2,9	413	237	58,6	4,5	99,6	14,9	26,8	15,2	1,5	15,4
6	Tamampaya	CFL.La Paz	1,7	35	108	41,5	2,0	22,5	15,0	7,9	2,5	0,3	14,3
7	Boopi	Asunta	2,7	202	149	39,0	6,8	59,4	9,3	8,9	10,0	0,7	14,5
8	Boopi	CFL.Cotacajes	2,7	178	121	26,8	3,0	54,2	6,3	8,7	6,4	0,6	15,2
9	Cotacajes	CFL.Poopi	2,3	13	167	63,4	3,0	52,2	19,3	9,0	4,9	0,8	12,4
10	Alto Beni	Sapecho	2,6	24	183	63,4	4,0	63,8	17,8	9,3	7,9	0,9	13,3
11	Mapiri	Guanay	2,0	103	101	23,2	4,3	42,0	8,8	7,1	3,1	0,5	11,9
12	Tipuani	Guanay	1,9	379	64	39,0	2,2	5,5	2,5	0,7	0,9	0,5	12,7
13	Coroico	CFL.Mapiri	2,7	7	40	12,2	2,2	8,7	1,8	1,4	1,4	0,2	12,5
14	KaKa	Teoponte	2,1	76	66	17,1	3,1	23,9	4,6	2,6	1,9	0,4	12,6

3.2. El carbono orgánico total (COT)

Para conocer la evolución de la materia orgánica a lo largo del río La Paz, muestras de agua han sido tomadas con vistas a efectuar la medida del carbono orgánico. Las muestras fueron acidificadas hasta pH de 1 con ácido fosfórico, a fin de eliminar el carbono mineral (AFNOR T90-102), las mismas que fueron almacenadas en frascos de vidrio, a la obscuridad y en frío (20 ml.). Los análisis fueron efectuados en los laboratorios de CEMAGREF en Lyon, Francia. El principio del método se basa en la oxidación catalítica en un horno alrededor de 900 °C. El anhídrido carbónico producido es cuantificado mediante un analizador infrarrojo (Rodier, 1975).

La primera muestra presenta un contenido de 34,1 mg.l⁻¹ de COT, que es débil en relación al volumen de aguas residuales de La Paz. Esto puede explicarse por el hecho que esta primera muestra se tomó en la confluencia con el río Palca, es decir después de un recorrido de alrededor de 40 km., pero sobre todo con un desnivel de 1.200 metros.

La importante mezcla de las aguas de éste río andino, ocasiona una fuerte oxidación que le confiere un gran poder de autodepurificación. Después, las concentraciones en COT (fig. 2 y tabla 1) disminuyen desde río arriba hacia abajo, bajo el doble efecto de la dilución por los afluentes menos cargados, pero también por la acción depurativa del medio.

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio, si bien son preliminares, muestran que la ciudad de La Paz tiene un impacto no despreciable sobre el medio amazónico.

En la espera de los resultados sobre la biología, y sin tener en cuenta los elementos trazas tóxicos (metales pesados); las concentraciones observadas para los elementos mayores y el carbono orgánico en Sapecho (400 km. hacia abajo) son del mismo orden de magnitud que las medidas en los cursos de agua no contaminados.

5. Bibliografía

AFNOR. (1985). Guide pour la détermination du carbone organique total (COT). Normalisation Française. AFNOR 85196.

GUYOT J.L., BOURGES J., HOORELBECKE R., ROCHE M.A., CALLE H., CORTES J., BARRAGAN M.C. (1988). Exportation de matière en suspension des Andes vers l'Amazonie par le rio Béni, Bolivie. IAHS Symposium on Sediment Budgets, Porto Alegre, December 1988. IAHS Publ. 174 : 443-451.

GUYOT J.L., CALLE H., QUINTANILLA J., CALLICONDE M. (1937). Resultados de una campaña de muestreo en periodo de aguas bajas en la Amazonia boliviana. Revista Boliviana de Quimica 7(1) : 36-50.

GUYOT J.L., HERAIL G. (1989). Mining operations and modification of the physical-chemical nature of the waters of the Rio Kaka drainage basin (Andes, Bolivia). Sediment and the environment, IAHS Third Scientific Assembly, Baltimore, May 1989. IAHS Publ. 184 : 115-121.

GUYOT J.L., ROCHE M.A., BOURGES J. (1989). Etude de la physico-chimie et des suspensions des cours d'eau de l'Amazonie bolivienne : l'exemple du Rio Béni. Journées Hydrologiques de l'ORSTOM, Montpellier, Septembre 1988 : 13-41.

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. PHICAB : IHH-UMSA, LHM, ORSTOM, SENAMHI : 257 p.

ROCHE M.A., ROCHA N. (1985). Mapa pluviométrico de Bolivia y regiones vecinas. 1/4000000. PHICAB : ORSTOM, SENAMHI, 1 hoja offset.

RODIER J. (1975). L'analyse de l'eau. Tome 1. Ed. Dunod, Paris : 629 p.

O.R.S.T.O.M.

E.N.D.E.

PHICAB

I.I.Q. - U.M.S.A.

S.E.N.A.M.H.I.

C.E.M.A.G.R.E.F.

IV Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental **Simposio sobre preservación del medio ambiente**

La Paz - Bolivia, Octubre de 1989



M. A. Roche, J. L. Guyot, H. Calle, J. Cortes, M. Pereira,

O.R.S.T.O.M.

E.N.D.E.

P H I C A B

I.I.Q. - U.M.S.A.

S.E.N.A.M.H.I.

C.E.M.A.G.R.E.F.

IV Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Simposio sobre la preservación del medio ambiente
La Paz, Bolivia, Octubre 1989.

* Investigación para la preservación y la recuperación de la calidad del agua.

M.A. Roche

* Erosion, balance de sedimentos y materias disueltas en la cuenca alta del Río Paraguay (Ríos Pilcomayo y Bermejo, Bolivia).

J.L. Guyot, H. Calle, J. Cortes, M. Pereira & H. Rodriguez

* Primera evaluación del impacto de la ciudad de La Paz sobre el medio amazónico. Evolución de la físico-química y del carbono orgánico total (COT) a lo largo del río La Paz-Boopi, Bolivia.

J.L. Guyot, J.G. Wasson, H. Sanejouand, J. Quintanilla & H. Calle

O.R.S.T.O.M., C.P. 9214, La Paz, Bolivia.

Marzo 1990