

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° de

31093 ex A

Cote

B

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA HIDROGEOLOGIA E HIDROQUIMICA DE LA LAGUNA SANTA ROSA

* Jorge Quintanilla, Rómulo Gemio S.
Moises Calliconde, Johnny Martinez

** Denis Wirrmann

RESUMEN

El estudio trata de una evaluación preliminar del estado hidroquímico e hidrológico actual de un cuerpo de agua situado en el pie de monte amazónico (Norte de Bolivia), para realizar una comparación posterior con otros cuerpos de agua de la cuenca endorréica del altiplano boliviano, al mismo tiempo de lograr una relación con los factores climáticos en épocas de contraste (seca y húmeda).

ABSTRACT

This work is a preliminary evaluation of the hydrochemical and hydrogeological state of a water body situated at the border of the amazonic forest (North of Bolivia).

The results will be compared with those obtained for other water bodies belonging to the endoreic basin of Bolivian plateau. At the same time the climatic factors in rainy and dry seasons will be related.

INTRODUCCION

En 1983, el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORS-TOM) inició un programa de estudios dedicado a la investigación de las variaciones climáticas actuales y pasadas en zonas tropicales (Programa GEOCIT - Geodinámica del Clima Tropical).

Dentro de este programa y a través del convenio UMSA-ORS-TOM, se incorporó el Instituto de Investigaciones Químicas de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales (I.I.Q.), para desarrollar investigaciones sobre las cuencas orientales, en vista de la necesidad de contar con información sobre el pie de monte amazónico en la zona Norte de Bolivia (Región de Santa Rosa).

OBJETIVOS

Los estudios en ejecución en la zona permitirán la elaboración de un modelo meteorológico, hidrológico y climático, que abarcará los principales factores ambientales actuales.

La cuantificación de las condiciones físico-químicas de este cuerpo de agua para evaluar su estado actual.

El conocimiento de sus evolución en épocas de contraste (época sea y de lluvias).

ZONA DE ESTUDIO

El sector de investigación correspondiente a la cuenca lacustre llamada Santa Rosa, ubicada a 14° 20' de latitud Sur y 67° 19' de longitud Oeste. Es una laguna situada sobre la orilla derecha del río Tuichi, en el Departamento de La Paz, provincia Franz Tamayo, entre las poblaciones de San Buenaventura y San José de Chupiamonas.

METODOLOGIA

Geología

En primer lugar, se está efectuando el establecimiento del inventario de los parámetros actuales (hidrología, sedimentología y repartición de las faunas de Ostrácodos y/o de a flora de Diatomeas) a fin de encontrar marcadores de los eventos analizados.

En segundo lugar, el análisis de depósitos lacústres o fluviales antiguos (a través de muestreo de testigos) con referencia a los parámetros actuales, para así poder establecer una cronología de los eventos registrados durante el pasado.

Hidroquímica

En primer lugar, se eligieron 9 puntos de muestreo, donde se tomaron muestras a diferentes profundidades (hasta 5 metros), haciendo un total de 19 muestras (según mapa batimétrico, fig 1).

En segundo lugar, se analizaron las muestras en su aspecto Físico-químico en los siguientes parámetros: (tabla I). Cationes: Sodio (Na^+) y Potasio (K^+): Fotometría de Emisión de LLama. Hierro (Fe^{++}), Calcio (Ca^{++}) y Magnesio (Mg^{++}); Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Aniones:

Cloruros (Cl^-)	: Método Mohr
Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$)	: Espectrocolorimetría.
Fosfatos ($\text{PO}_4^{=}$ - P)	: "
Nitratos (NO_3^- - N)	: "
Alcalinidad Total (HCO_3^-)	: Titulación potenciométrica.
Sílice Disuelta (SiO_2)	: Espectrocolorimetría.

En tercer lugar, con esta

información se elaboraron perfiles verticales de concentración vs. profundidad en cada punto de muestreo, para que, finalmente, se elaboren los gráficos generales (perfiles verticales) de todo el cuerpo de agua y así poder visualizar y conocer mejor el comportamiento de los iones en profundidad y en época de aguas bajas (estiaje).

RESULTADOS

Geología.

Una primera misión de reconocimiento de la zona fue efectuada durante el mes de Julio de 1986 (D. Wirriñann, ORSTOM).

Los datos obtenidos han permitido precisar algunas características físicas del lago Santa Rosa:

La cuenca, alargada según un eje Norte-Sur, tiene una longitud de 4,4 Km, aproximadamente y un ancho máximo de 0,8 Km.

A partir de 35 puntos de sondeo, repartidos según 2 transectas perpendiculares, se ha podido establecer la batimetría parcial del lago (Fig. 1); la máxima profundidad encontrada en esta época de aguas bajas es de 7,4 metros.

El lago está alimentado por las lluvias, que son preponderantes durante el verano austral y por las aguas de drenaje superficial.

Un solo efluente (desagüe) ha sido identificado en el sector Sur-Este de la laguna. Este recoge las aguas a través de la selva que rodea toda la laguna, hacia el lecho del río Tuichi, situado a unos 30 metros por debajo del nivel lacustre.

En la orilla opuesta del desagüe, un pequeño tributario lleva aguas al lago, las mismas que tendrían su origen en el cercano río Eslabón.

En el mes de Julio de 1987, una segunda misión fue realizada con la participación de L.F. OLIVEIRA (I.G.L. de la UMSA) y de R. Gemio (I.I.Q. de la UMSA). En esta oportunidad se pudo sacar un testigo de sedimentos del fondo de la laguna.

A los largo de los 85 cm de muestra sacada en el sector Norte (Fig. 2), se pueden diferenciar 2 unidades litográficas:

De 85 a 22 cm es una arena de textura fina, incluyendo gravas centimétricas muy compactas de tipo arenisca y de color gris o según el código MUNSSELL, Soil Color Charts, 1975: 5 y 4,5/1.

De 22 a 0 cm: es un fango gelatinosos y orgánico, muy rico en agua, conteniendo muchos restos vegetales en vías de descomposición, de color verde-marrón oscuro o 7,5 y 3/2.

A la fecha, la falta de dataciones radiométricas (método del carbono 14) no nos permite precisar las edades de estos depósitos. Sin embargo, basándonos en el primer estudio de la estratigrafía de los depósitos fluviales realizado a lo largo del río Beni, desde San Buenaventura hacia Riberalta (CAMPBELL et. al, 1985), se puede sugerir la siguiente interpretación para los depósitos encontrados:

El nivel basal del testigo (arenisca gris) correspondería a la parte superior o miembro C de la formación IÑAPIRI, atribuida a una edad Holocena, anterior a 2800 años B.P.

El nivel superior del testigo sería el equivalente de los depósitos lacústres S.S. Subactuales y actuales.

Conformando esta hipótesis, con la obtención de edades mediante

N° NUESTRA	Profundi- dad m.	Tempera- tura °C	Conducti- vidad µMhos/cm	pH	HCO ₃ ⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Hg ⁺² mg/l	Ca ⁺² mg/l	Fe ⁺² mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	SiO ₂ mg/l	PO ₄ ⁻³ - P µg/l	NO ₃ ⁻ - N µg/l	O.D. mg/l
SRA-1	0,5	28,5	10	6,65	2,88	0,50	0,28	0,49	0,84	0,14	1,72	0,00	8,22	14,1	23,6	8,34
SRA-2	2,5	27,5	10	6,60	5,45	0,50	0,28	0,48	0,74	0,23	1,58	0,00	7,20	27,6	19,5	7,42
SRA-3	5,	27,0	10	6,85	4,65	0,50	0,28	0,49	0,81	0,46	3,00	0,00	13,00	30,2	20,0	7,01
SRB-1	0,5	29,5	10	6,65	5,78	0,52	0,26	0,47	0,85	0,18	2,20	0,00	18,10	49,3	19,3	8,55
SRB-2	2,5	26,5	10	6,65	2,53	0,50	0,26	0,48	0,73	0,31	2,20	0,00	12,8	15,4	20,1	7,51
SRC-1	0,5	28,0	10	6,60	1,52	0,48	0,28	0,47	0,73	0,33	1,50	0,10	5,20	10,4	43,2	7,14
SRD-i	0,5	28,0	10	6,75	4,44	0,50	0,28	0,48	0,71	0,26	0,58	0,00	11,2	23,9	22,3	7,77
SRE-1	0,5	29,5	10	6,60	2,17	0,50	0,30	0,41	0,67	0,33	1,58	0,00	11,3	86,5	21,1	7,62
SRF-1	0,5	26,5	10	6,60	4,44	0,50	0,30	0,46	0,73	0,20	1,06	0,10	4,18	32,8	20,5	7,30
SRG-1	0,5	29,5	10	6,50	3,51	0,51	0,28	0,50	0,76	0,21	3,20	0,00	14,0	45,8	17,8	7,84
SRG-2	2,5	30	12,5	6,75	6,44	0,53	0,50	0,51	0,82	0,26	0,57	0,00	10,1	48,1	20,7	7,63
SRG-3	5,	25,5	12	6,65	3,69	0,50	0,27	0,58	1,05	0,37	1,58	0,10	9,2	55,1	19,0	7,48
SRH-1	0,5	27,0	10	6,65	4,56	0,10	0,45	0,52	0,87	0,26	1,50	0,12	7,20	15,0	20,5	8,51
SRH-2	2,5	27,0	10	6,85	5,44	0,50	0,29	0,49	0,74	0,24	1,31	0,00	4,8	18,0	17,4	8,25
SRH-3	5,	25,0	10	6,65	2,50	0,50	0,28	0,58	0,99	0,34	2,50	0,00	9,20	29,0	23,3	6,53
SRJ-1	0,5	26,5	12	6,50	3,36	0,55	0,35	0,50	0,98	0,24	3,0	0,00	14,9	16,30	19,0	6,99
SRK-1	0,5	27,0	10	6,60	3,35	0,52	0,28	0,50	0,76	0,21	3,0	0,12	12,9	29,2	21,2	8,17
SRL-1	0,5	22,0	4	6,50	3,46	0,15	0,10	0,55	0,12	0,21	1,05	0,00	12,0	60,0	21,4	8,87
SRM-1 R. Tuichi L. Chalalan	0,5	30,0	35	6,90	9,05	1,5	0,55	1,0	3,5	0,24	5,74	0,00	13,0	65,0	21,4	5,79

¹⁴C, se podría decir que el lago Santa Rosa se ha formado muy recientemente al favor del relleno de una pequeña depresión al final del Holoceno. Cabe señalar que los resultados obtenidos sobre la cuenca del lago Titicaca (Wirrmann,

1987; Wirrmann and Oliveira Almeida, 1987), ponen en evidencia un importante cambio climático a partir de 2200 años B.P. , dando lugar al relleno de la cuenca del Titicaca después de un período de sequía fuerte.

Hidroquímica

Mediante la figura 3 se observa la evolución de:

pH

Se nota un ligero aumento en profundidad en la laguna hasta 6,89; en

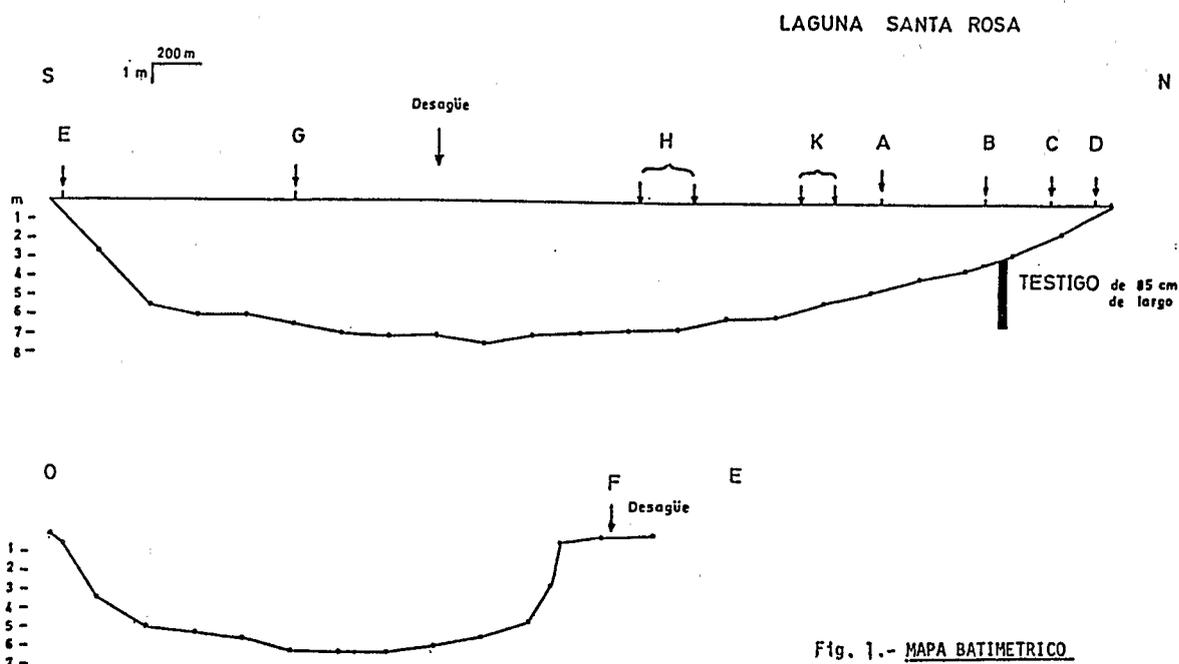


Fig. 1.- MAPA BATIMETRICO

superficie varía de 6,50 a 6,75.

El pequeño tributario aporta con una valor relativamente bajo de 6,50.

Temperatura

El tributario tiene una temperatura menor con 26,5 °C; hay una estratificación a nivel de 2 a 5 metros de profundidad en la laguna entre el tributario y el desagüe. La temperatura oscila entre 25,0 °C y 30,0 °C (a 2 metros de profundidad), disminuyendo en profundidad.

Oxígeno disuelto

Tiene valores que oscilan entre 6,53 mg/l y 8,55 mg/l. Las mayores concentraciones se hallan en superficie, disminuyendo hacia el fondo.

Mediante la figura 4, se observa la evolución de:

Sodio

Los valores se encuentran entre 0,10 a 0,53 mg/l, las concentraciones menores se hallan en superficie en el punto H, aumentando hacia el fondo.

Hay un aporte significativo del tributario con 0,55 mg/l.

Potasio

El rango de variación en la concentración es menor que en el anterior parámetro; va de 0,26 a 0,50 mg/l. Las concentraciones mayores se hallan entre 2 a 3 metros de profundidad, notándose una disminución hacia el fondo (0,28 mg/l) y hacia el Norte de la laguna (0,26 mg/l).

Calcio

La variación en concentración es entre 0,67 y 1,05 mg/l. Los valores menores se hallan en superficie,

aumentando hacia el fondo, sobre todo en la región del punto G. Tal vez por la influencia del tributario, el cual aporta significativamente con 0,98 mg/l. Se nota también una estratificación vertical en su concentración.

Mediante la figura 5, se observa la evolución de:

Hierro

Las concentraciones de este parámetro varían de 0,14 a 0,46 mg/l. Los valores menores se encuentran en superficie, aumentando hacia el fondo, donde alcanza sus máximos (0,46 mg/l). La concentración del tributario alcanza a 0,24 mg/l).

Cloruros

Los valores en concentración varían entre 0,58 a 3,20 mg/l, no hay un comportamiento regular en su evolución en profundidad, hay disminución hacia el Norte de la laguna Santa Rosa.

La concentración del tributario es importante, con valores de 3,0 mg/l. El exutorio de superficie disminuye su concentración con un valor de 1,06 mg/l.

Bicarbonatos

La concentración de este parámetro varía de 1,52 a 6,44 mg/l. El comportamiento de este parámetro, aparentemente, tampoco es regular ya que en el punto G a 3 metros de profundidad alcanza su máximo valor, igualmente en el punto H y A (a la misma profundidad), ocurriendo lo mismo a nivel superficial en el punto B (5,8 mg/l).

El tributario tiene una concentración intermedia de 3,36 mg/l.

Mediante la figura 6, se observa la evolución de:

Fosfatos

Los valores de concentración tienen un rango amplio de variación que va de 10,4 µg/l hasta 86,5 µg/l. La evolución muestra en la región sur de la laguna, una estratificación horizontal que puede deberse al aporte débil en fosfatos, por el tributario (16,3 µg/l) y que es una región de mezcla de aguas ricas en concentraciones de este nutriente en los puntos E y G; se observa además, una ligera disminución en profundidad, alcanzando sus máximos valores en la capa superficial de 1 metro de profundidad, en la región Sur de la laguna.

Finalmente, en la zona Central y Norte, en la capa superficial se notan bajas concentraciones de fosfatos solubles.

Nitratos

El rango de variación de este nutriente es menor, con valores que van desde 17,4 a 43,2 µg/l, presentando en su generalidad una aparente homogeneidad, tanto en profundidad como a nivel superficial (excepto en el punto C, que en su capa superficial alcanza el valor máximo).

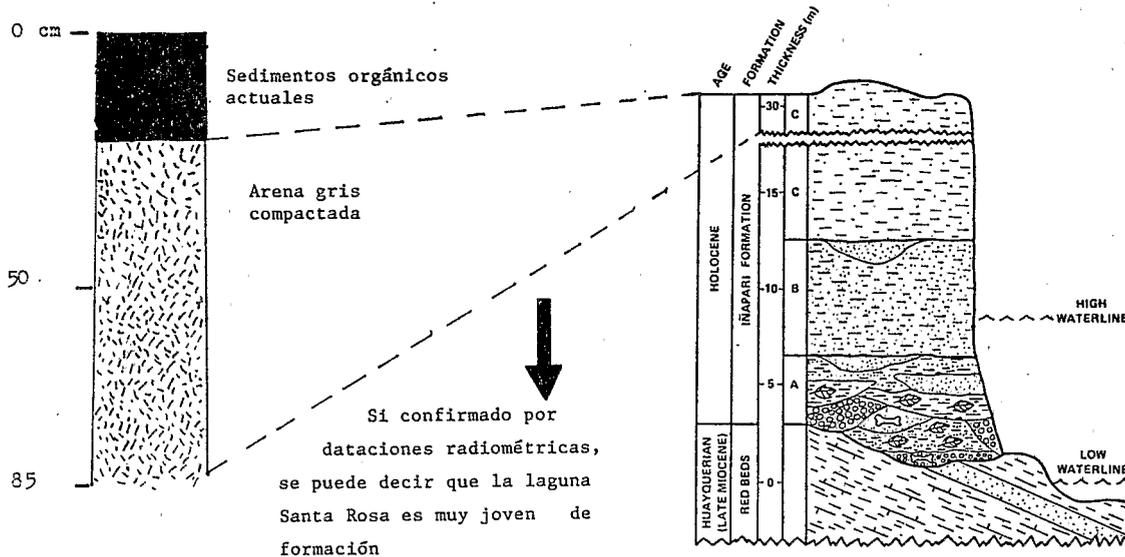
El tributario tiene concentraciones débiles que alcanzan a 19,0 µg/l.

Sílice Disuelta

Los valores de este parámetro fluctúan entre 4,80 a 18,10 mg/l. No hay un comportamiento racional en cuanto a nivel de profundidad ni superficial, ya que sus concentraciones varían en ambos niveles; por el tributario hay un aporte importante con valores de 14,0 mg/l, en cambio, por el afluente sale con una concentración mínima de 4,18 mg/l, lo que indicaría una aparente sedimentación, en la laguna, de este parámetro a nivel del fondo de la misma.

TESTIGO DE LA LAGUNA SANTA ROSA

INTERPRETACION PROBABLE



Si confirmado por dataciones radiométricas, se puede decir que la laguna Santa Rosa es muy joven de formación

Fig. 2.- ESTRATIGRAFIA DE LA ZONA (según Campell y Frailey, 1984)

Figura N° 3 EVOLUCION VERTICAL

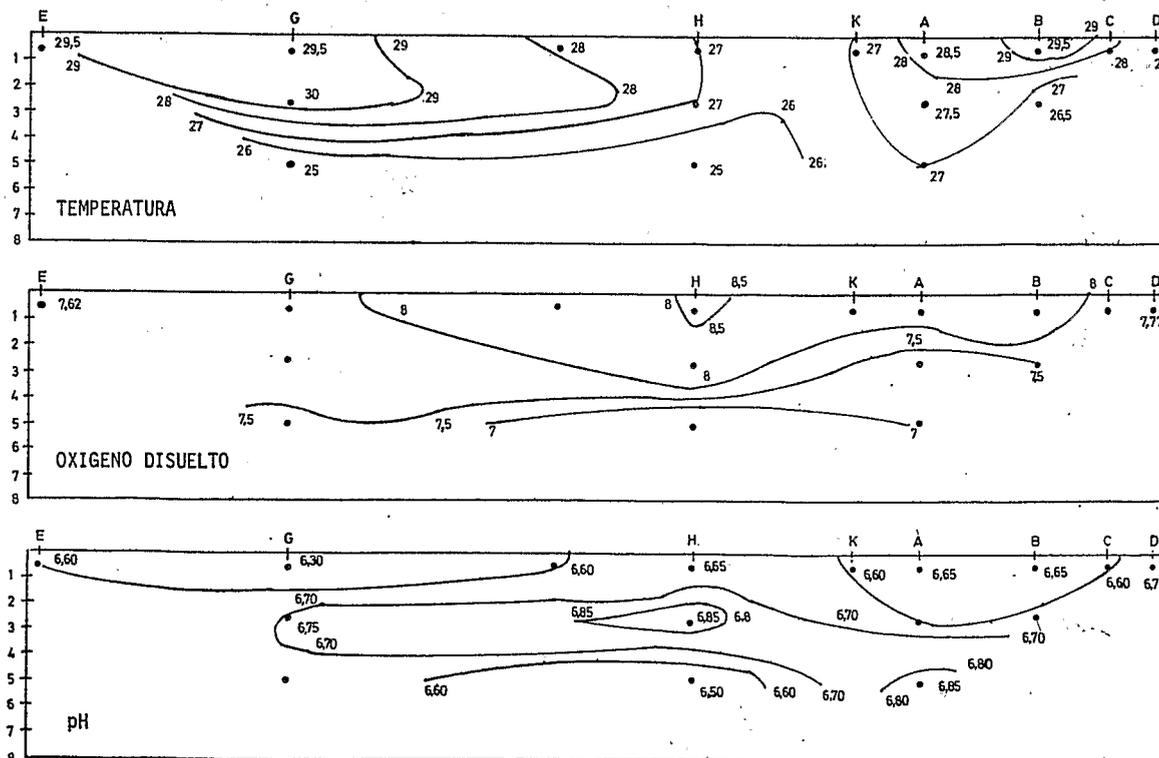


Figura Nº 4
EVOLUCION VERTICAL

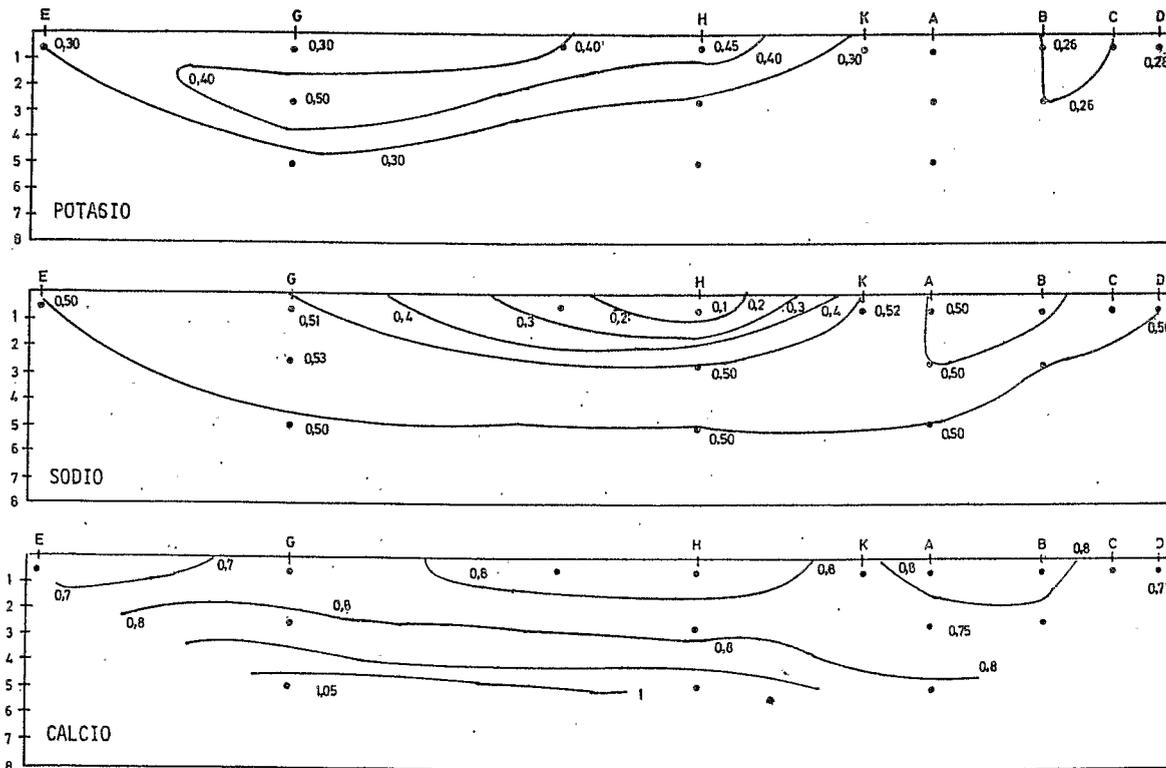


Figura Nº 5
EVOLUCION VERTICAL

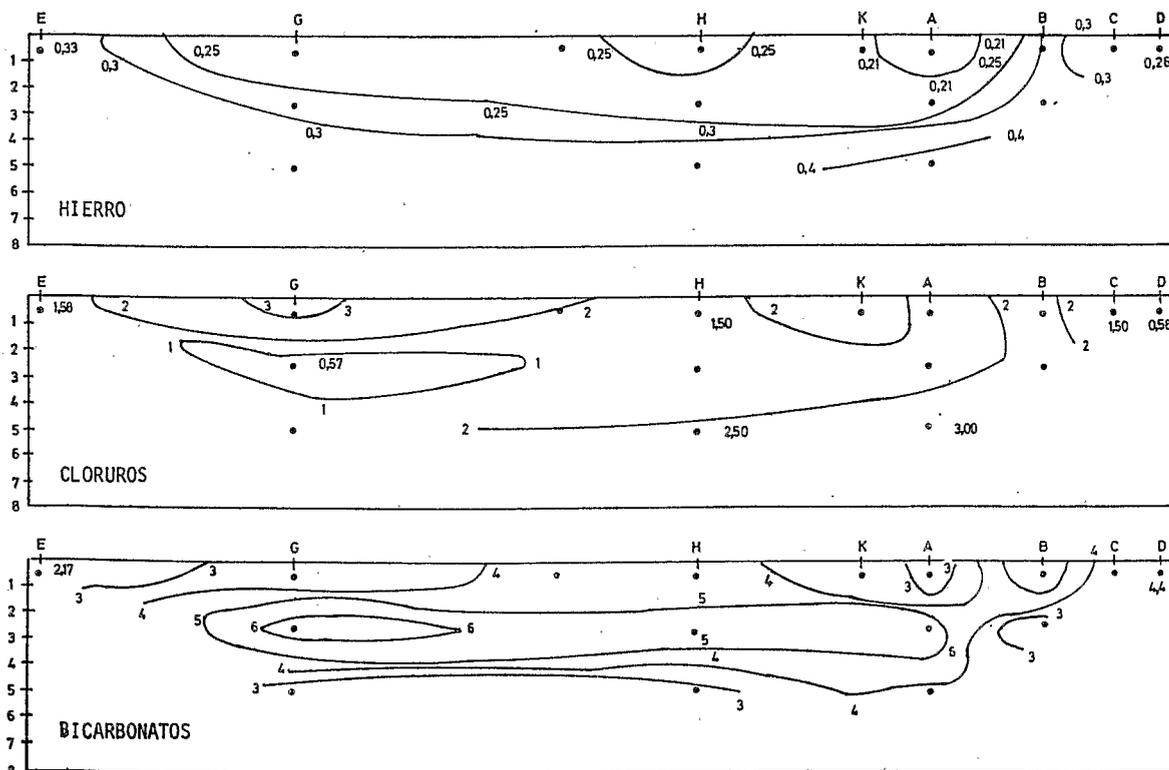
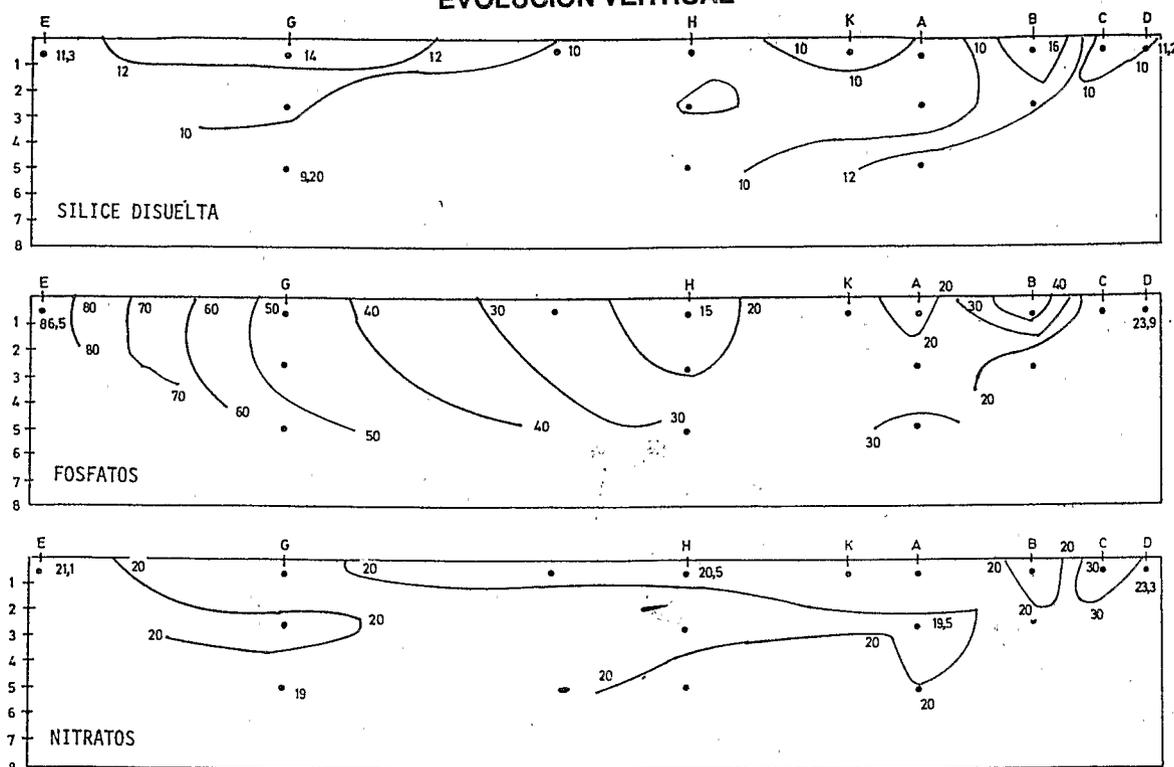


Figura N° 6
EVOLUCION VERTICAL



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUIMICAS
Telf. 792238 - 795878, Casilla 303 La Paz
AREAS DE INVESTIGACION Y PROYECTOS EN EJECUCION

I. PRODUCTOS NATURALES Y FITOQUIMICA

- Contribución al estudio de la papaina (papaya Carica)
- Investigación del *Cestrum Parqui*
- Estudio de la Satureja Boliviana (aceites esenciales), extractos alcohólicos, terpenos)
- Estudio fitoquímico preliminar de líquenes bolivianos
- Estudio de la flora medicinal de Bolivia (PROMENAT)
- Evaluación de saponinas esteroidales en Dioscoreas

II. FISICO-QUIMICA Y QUIMICA DE SUPERFICIES

- Recuperación de aceites quemados de motores
- Métodos de análisis instrumental (Absorción atómica)
- Análisis de oro y plata en yacimientos arsenopiríticos
- Determinación de parámetros espectroscópicos, electrónicos y magnéticos de complejos de ácidos policarboxílicos con iones de metales de transición.

III. QUIMICA DE SUELOS

- Estudio de la velocidad de descomposición de abonos orgánicos en condiciones naturales del Altiplano Central
- Estudio de suelos en el área de la Estación Biológica del Beni-Estancia El Porvenir.

IV. QUIMICA CUANTICA

- Superconductividad
- Química Teórica

V. HIDROQUIMICA

- Programa Hidrológico, Hidroquímico de la Amazonía boliviana (PHICAB - ORSTOM)
- Programa Hidrológico, Hidroquímico y Climático del Altiplano boliviano (CIID - LAVAL - CANADA)
- Determinación de interferencias en el análisis de litio y magnesio en solución, del Salar de Uyuni, por Absorción atómica.
- Estudio Hidroquímico preliminar de la Cuenca de Milluni (ORSTOM)

VI. GEOQUIMICA Y RECURSOS EVAPORITICOS

- Determinación del contenido y estudio de la recuperación de Rubidio y Cesio en salmueras del Salar de Uyuni
- Recuperación de sales de potasio - Obtención de abonos potásicos.
- Obtención de LiOH a partir de salmueras del Salar de Uyuni.
- Obtención de Li_2SO_4
- Obtención de NaOH
- Beneficio de magnesio a partir de salmueras del Salar de Uyuni.
- Elaboración de Tetraborato de sodio y Acido Bórico
- Diseño final de la Planta de Carbonato de Litio

VII. QUIMICA APLICADA

- Elaboración de carbonato de sodio anhidro (purificación de Trona)
- Estudio del contenido de pigmentos en diferentes variedades de Achote (*Bixa Orellana*), provenientes de los Yungas paceños.
- Obtención de malto-dextrinas a partir de harinas de maíz por métodos enzimáticos.
- Purificación secuencial de NaCl para uso en Industria de Alimentos.
- Proyecto Universitario: Fabricación de Tizas
- Principales temas minerales en Bolivia, su calidad y contenido en elementos metálicos.

VIII. QUIMICA DEL MEDIO AMBIENTE Y SERVICIO DE ANALISIS

- Evaluación del funcionamiento de los tanques INHOFF de la Ciudad de El Alto - La Paz (SAMAPA)
- Cursos Itinerantes en el área de operación, mantenimiento, y control de Calidad de aguas (OPS/OMS/ANESAPA)
- Lixiviación bacteriana para minerales (Tesis Metalurgia)
- Servicio de Análisis a la Comunidad

Finalmente, en los parámetros siguientes se nota una homogeneidad en su comportamiento: Conductividad, con valores de 10 a 12,5 μ Mhos/cm; Magnesio, con concentraciones de 0,41 a 0,58 mg/l. Sulfatos, que presenta valores de 0,10 a 0,12 mg/l, notándose además, su inexistencia en la región Norte de la laguna y en el tributario.

La homogeneidad de estos parámetros y su variada distribución en otros casos, puede deberse a la presencia de vientos, con predominancia de dirección Norte-Sur.

Para complementar y efectuar una evaluación más precisa, se debe completar el muestreo y los análisis en época de aguas altas (inundaciones) para comprender mejor la evolución hidroquímica de este cuerpo de aguas.

Agradecimiento.- Por su valiosa ayuda prestada en el campo durante la primera misión, a Don César y sus hijos. La segunda salida tuvo éxito gracias a la generosa colaboración de Pierre VERNAY y de toda la gente del Campamento de TAWA.

BIBLIOGRAFIA

CAMPBELL, K.E., FRAYLEY C.D. and ARELLANO J.L. (1985).- The geology of the río Beni: Further evidence for flooding in Amazonía *Contributions en Science*, Nº 364, 1-18 pp. Natural History Museum of Los Angeles County.

GUYOT J.L., QUINTANILLA J., CALLICON-

DE M. Y CALLE H. (1987).-Resultados de una campaña de muestreo en período de aguas bajas en la Amazonía Boliviana (Agosto - Septiembre 1986). *Rev. Bol. Quím.* Nº 7, 1987, La Paz Bolivia, 36 - 50 pp.

QUINTANILLA A.J. (1979 - 80).- Contribución al estudio del lago Lemán Publicación de la Estación de Hidrobiología Lacustre THONON LES BAINS-FRANCIA 1980, 92 pp.

WIRRMANN D., (1987).- El lago Titicaca: Semimentología y Paleohidrología durante el Holoceno (10000 años B.P. Actual), *Convenio UMSA - ORSTOM.- Informe Nº 6*, La Paz, 61 pp y anexos.

WIRRMANN D. and de OLIVEIRA ALMEIDA L.F. (1987).- Low Holocene level (7700-3650 years age) of Lake Titicaca (Bolivia). *Palaeogeogr., Palaeoecol.*, 59: 315 - 323.

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS

REALIZA:

Análisis de Aguas:

- Bacteriológico
- Físicoquímico
- Contaminación
- Riego

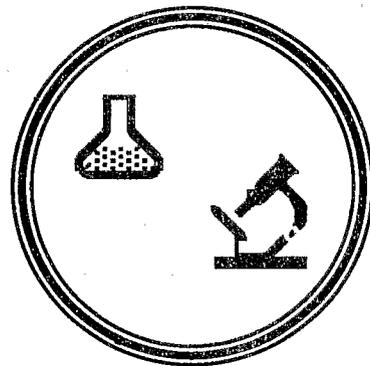
Análisis de Cales

Análisis de Aleaciones

Análisis por espectrofotometría de Absorción Atómica

Asistencia y Asesoramiento Técnico

Investigación sobre métodos de análisis



Ref. *Instituto de Investigaciones Químicas*

Telf. 792238 - 795878 Casilla 303 La Paz - Bolivia