

ESTUDIO LIMNOLOGICO PRELIMINAR DE LA LAGUNA HULE, COSTA RICA

Elizabeth Ramírez R. y Lilliana Camacho V.

Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

RESUMEN

La Laguna Hule, localizada en la Vertiente Caribe, Costa Rica a 750 m sobre el nivel del mar, forma parte del complejo de lagunas volcánicas llamado «Bosque Alegre». El área de la laguna es de 60.3 ha y su profundidad máxima de 22.5 m. La investigación se realizó de abril a setiembre de 1989 determinándose, en cada muestreo la temperatura, el oxígeno disuelto, el ácido sulfhídrico (H_2S), el pH, la alcalinidad y la concentración de iones calcio, magnesio, hierro y manganeso.

La laguna presenta un perfil clinógrado de oxígeno; el 60 % del volumen total es anóxico con presencia de H_2S a partir de los 8 m de profundidad. Los valores de pH y alcalinidad indican que las aguas son bicarbonatadas, caracterizándose por un alto contenido de hierro. La curva de temperatura señala una diferencia de hasta 4.3 °C entre la superficie y el fondo, permitiendo a la laguna permanecer estratificada (hay un epilimnion y un hipolimnion bien definido).

ABSTRACT

The «Laguna Hule», a medium size volcanic lake, is located at 750 m above sea level on the Caribbean side of the Cordillera Volcánica Central in Costa Rica. Hule is one of three in a lake complex known as «Bosque Alegre». The lake area is 60.3 ha and its maximum depth reaches 22.5 m.

Some selected physical and chemical features were measured and are discussed here. Dissolved oxygen exhibits a clinograde profile, with 60 % of the water volume being anoxic and containing hydrogen sulphide (H_2S) below 8 m depth.

The temperature profile shows a maximum difference of 4.2 °C showing a stratification during the study period. The lake is of the bicarbonated type with a high concentration of Fe^{+2} in the hypolimnion.

INTRODUCCION

Las investigaciones limnológicas en las aguas tropicales han aumentado en los últimos años (Bergoeing, 1978, Charpentier *et al.*, 1989, Gocke *et al.*, 1987, Gocke *et al.*, 1989), como respuesta a la necesidad ampliamente reconocida, de completar el conocimiento sobre ecosistemas acuáticos.

En Costa Rica se destaca la urgencia de contar con información suficiente sobre las características y funcionamiento de sus recursos hídricos, ya que, a pesar del reducido número de lagos y lagunas naturales, algunos de ellos han sido recientemente considerados dentro de proyectos hidroeléctricos o turísticos. Entre estos recursos con posibilidades de utilización futura está la Laguna Hule. Esta laguna forma parte del conjunto Caldera-Bosque Alegre, complejo de tres lagunas de origen volcánico que ocupa una vasta depresión circular de 2 km de diámetro, en la Cordillera Volcánica Central (Bergoeing y Brenes, 1978). Del complejo de lagunas, la Laguna Hule es la de mayor tamaño y de más fácil acceso, por lo que es utilizada, cada vez con más frecuencia, como sitio de recreación y pesca. Sus posibilidades hidroeléctricas han sido consideradas por el ICE al plantear la construcción de una represa hidroeléctrica en el sitio, encontrándose el proyecto, en este momento, en estudios de factibilidad (ICE, 1988).

No existe ningún dato limnológico publica-

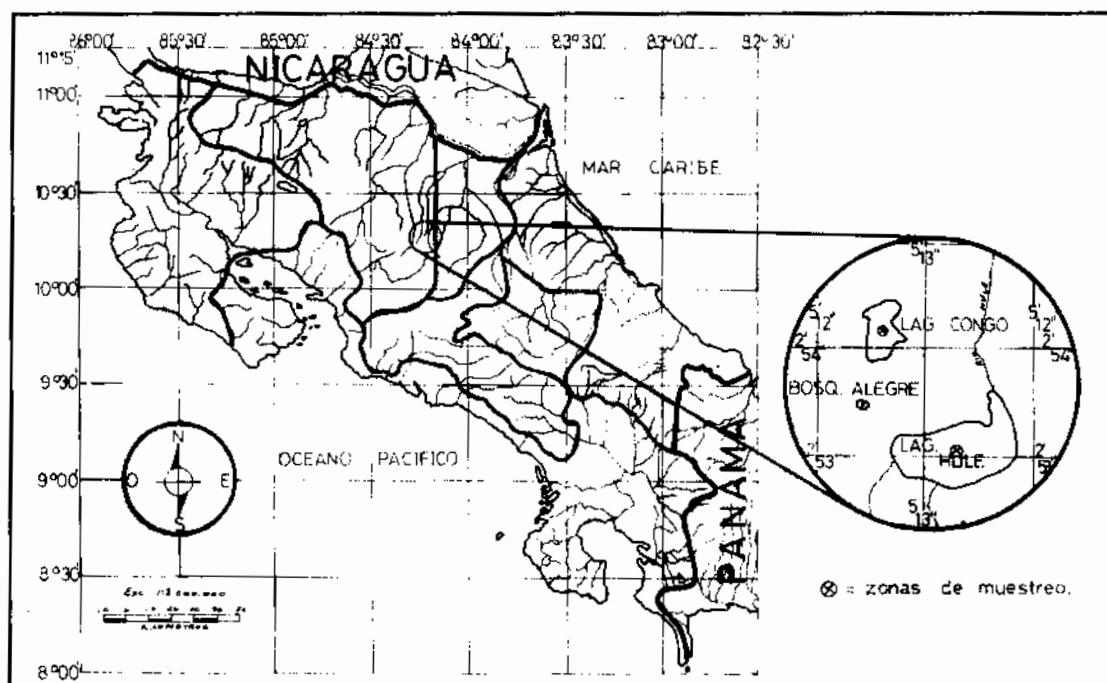


FIGURA 1. LOCALIZACION DETALLADA DE LAS LAGUNAS: CONGO, HULE Y BOSQUE ALEGRE.

do sobre estas lagunas. El presente trabajo proporciona información sobre las propiedades físicas y químicas de la Laguna Hule y pretende servir como base para investigaciones futuras en este complejo.

Descripción de la laguna

La Laguna Hule se encuentra situada a 750 m.s.n.m., en la Vertiente Caribe de la Cordillera Volcánica Central. Su ubicación exacta se da en la Fig. 1. De acuerdo con el sistema de zonas de vida de Holdridge (1978), esta laguna pertenece al Bosque Tropical Lluvioso, zona que se caracteriza por una temperatura promedio anual de 25 °C y una precipitación de aproximadamente 4.600 mm/año.

Según Gocke *et al.* (1989), el área de la laguna es de 60.3 ha, con una profundidad máxima de 22 m y una profundidad media de 12.6 m. El volumen total promedio de la laguna durante el estudio fue de $7.6 \times 10^6 \text{ m}^3$.

La Laguna Hule se originó a partir de un cono volcánico colapsado (Bergoing, 1978),

clasificándose como tipo caldera. Estas lagunas se caracterizan por tener la cubeta en la depresión formada por el hundimiento de la cubierta de una cámara magmática parcialmente vacía (Wetzel, 1975). El índice de desarrollo costero (IDC) es de 1.42, señalando la forma ligeramente alargada de la laguna (Fig. 1). Sus orillas son poco profundas, lo que ha favorecido el desarrollo de gran cantidad de macrófitas acuáticas, principalmente de los géneros *Nymphaea* sp, *Potamogeton* sp y el alga calcárea *Chara* sp.

La laguna está rodeada por zonas extensas de bosque primario y secundario, que aporta gran cantidad de materia orgánica a sus aguas. De los bordes más altos bajan riachuelos, los cuales forman cascadas que surten la laguna, principalmente en invierno. La salida principal la constituye el Río Hule, que se origina en la ribera norte de la laguna.

La Laguna Hule es muy visitada como sitio de recreación y de pesca. Actualmente está siendo sometida a la deforestación paulatina en sus alrededores, al sustituirse el bosque que la rodea por pastos y cultivos de café y macadamia.

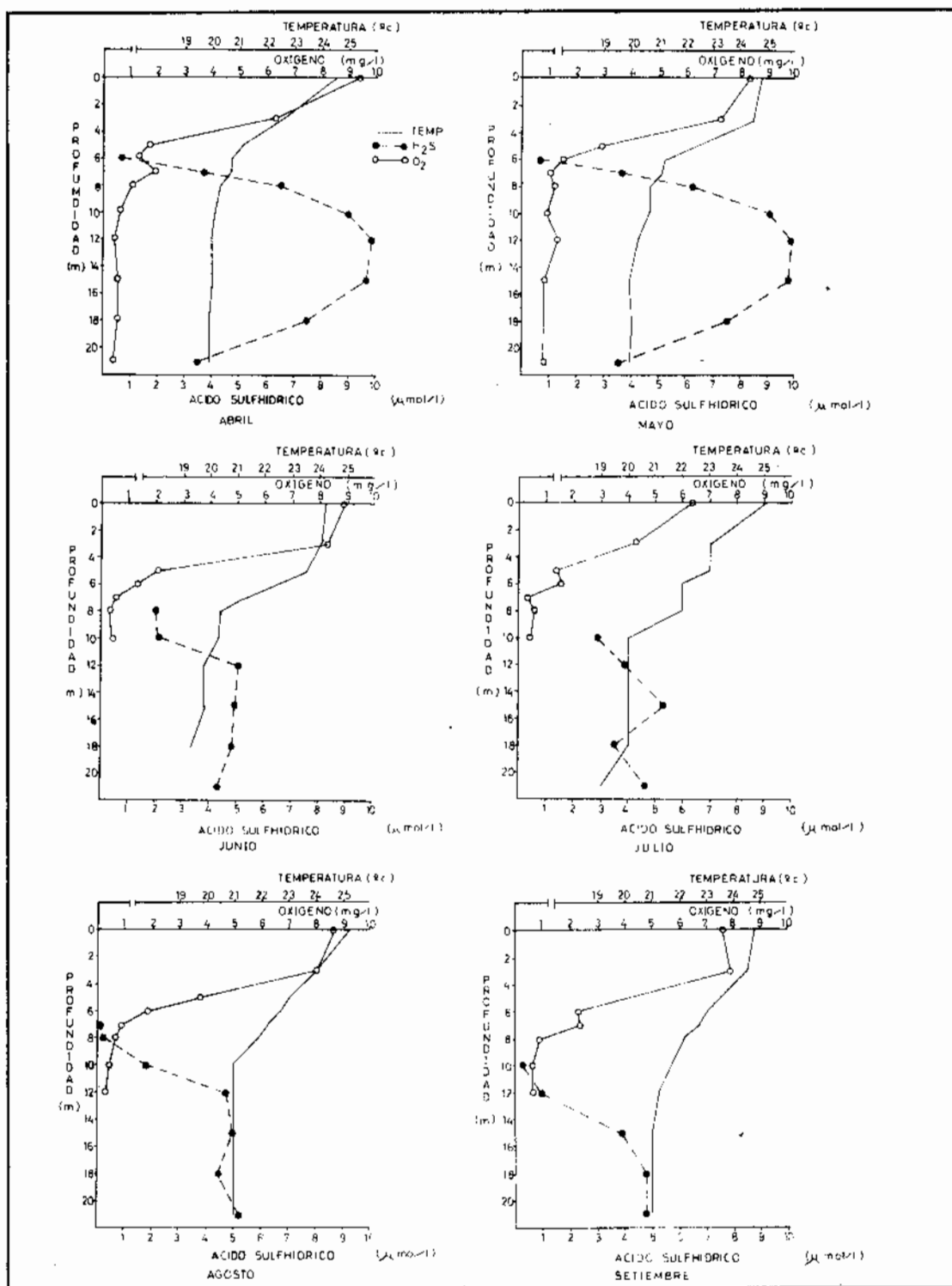


FIGURA 2. DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS PARAMETROS: OXIGENO DISUELTUO, ACIDO SULFHDIRICO Y TEMPERATURA, DURANTE LOS MESES DE ABRIL A SEPTIEMBRE DE 1989. LAGUNA HULE, ALAJUELA.

MATERIAL Y METODOS

El estudio de la laguna se realizó durante el período comprendido entre los meses de abril y setiembre de 1989. En la zona de mayor profundidad (Gocke *et al.*, 1989, m. s., sin publicar), se ubicó (un punto) la estación de muestreo, en la cual se tomaron muestras a cada metro de profundidad, hasta los 21 m. En cada una de esas profundidades, se tomaron los datos de los parámetros físicos y químicos, utilizando una botella muestreadora Niskii de GI. El pH y la temperatura se analizaron *in situ*, con un pH portátil W.T.W. Las determinaciones de oxígeno disuelto, se realizaron *in situ*, con el oxigenómetro portátil modelo W.T.W. y se corroboró con el método de Winkler (Lind, O., 1979), para lo cual se trasladaron las muestras, en botellas de DBO de 300 ml, al laboratorio de Limnología de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional.

Las determinaciones de alcalinidad total y de los iones calcio y magnesio, se realizaron en el Laboratorio de Limnología, con muestras transportadas en botellas de polietileno de 500 ml.

La alcalinidad se determinó por titulación con HCl 0.1 N. hasta llevar una muestra de 100 ml a un pH de 4.2 (Gocke, 1989).

La determinación cuantitativa de los iones calcio y magnesio se realizó utilizando como titulante una solución de Titriplex III 0.1 N., pastillas tampón Merck como indicador y ácido calcón-carboxil (Gocke, 1989).

Las determinaciones de los microcompuestos hierro y manganeso se calcularon utilizando los juegos de reactivos Spectroquant de Merck específico para cada uno de ellos (e. g. ± 0.04 mg/l).

Las determinaciones del ácido sulfúrico se realizaron con el método clorimétrico, con la formación de azul de metileno (Gocke, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

La Fig. 2 muestra la distribución vertical del oxígeno. La concentración de este elemento osciló entre 1.5 y 9 mg. l⁻¹ para la capa comprendida entre

0 y 8 m. A partir de esta profundidad se encontraron concentraciones muy bajas (menores de 1 mg. l⁻¹) o ausencia de oxígeno. Durante el estudio, la laguna presentó un perfil clinógrado típico; en este caso la deficiencia de oxígeno está definida probablemente por la acumulación de materia orgánica en el hipolimnion, así como por la oxidación química, intensificada por la alta concentración de compuestos de hierro (Fig. 5).

En relación con los procesos anteriores se determinó la presencia de H₂S (ácido sulfhídrico) a partir de los 6 m de profundidad en el mes de abril y a partir de los 8 m en los meses restantes (Fig. 2). La presencia de H₂S en el hipolimnion se relaciona con la descomposición anóxica de la materia orgánica y reducción intensa de los sulfatos.

Durante el período de estudio la temperatura superficial de la laguna varió muy poco, oscilando entre 24 y 25 °C (Fig. 2a). La diferencia entre la temperatura superficial y la del fondo fue de hasta 6 °C en el mes de julio, manteniéndose en los meses restantes una diferencia entre 3.7 y 4.9 °C.

Para una laguna de mediana profundidad, esta diferencia de temperatura entre la capa superficial y profunda puede considerarse marcada. En el lago de Río Cuarto, situado en una zona cercana, la diferencia vertical máxima de temperatura, encontrada en 15 meses de estudio fue de sólo 3.2 °C, a pesar de tener 66 m de profundidad (Charpentier *et al.*, en prensa).

La diferencia vertical de temperatura encontrada en Laguna Hule, es suficiente para producir gradientes de densidad y mantener el cuerpo de agua estratificado (Gocke *et al.*, 1987). De este modo, la laguna se mantuvo estratificada durante el período de estudio, con una estratificación débil en los meses de julio y agosto. Durante el período de estudio la termoclina se situó entre 2.5 y 8 m, presentándose un epilimnion poco definido y a veces ausente (Fig. 2).

Es probable que la laguna sufra períodos de mezcla total. Si bien el proceso de mezcla no se observó durante los meses de muestreo, hay reportes de los pobladores del lugar de la ocurrencia de mezcla evidenciada por la presencia de agua lodosa del fondo, en la superficie de la laguna.

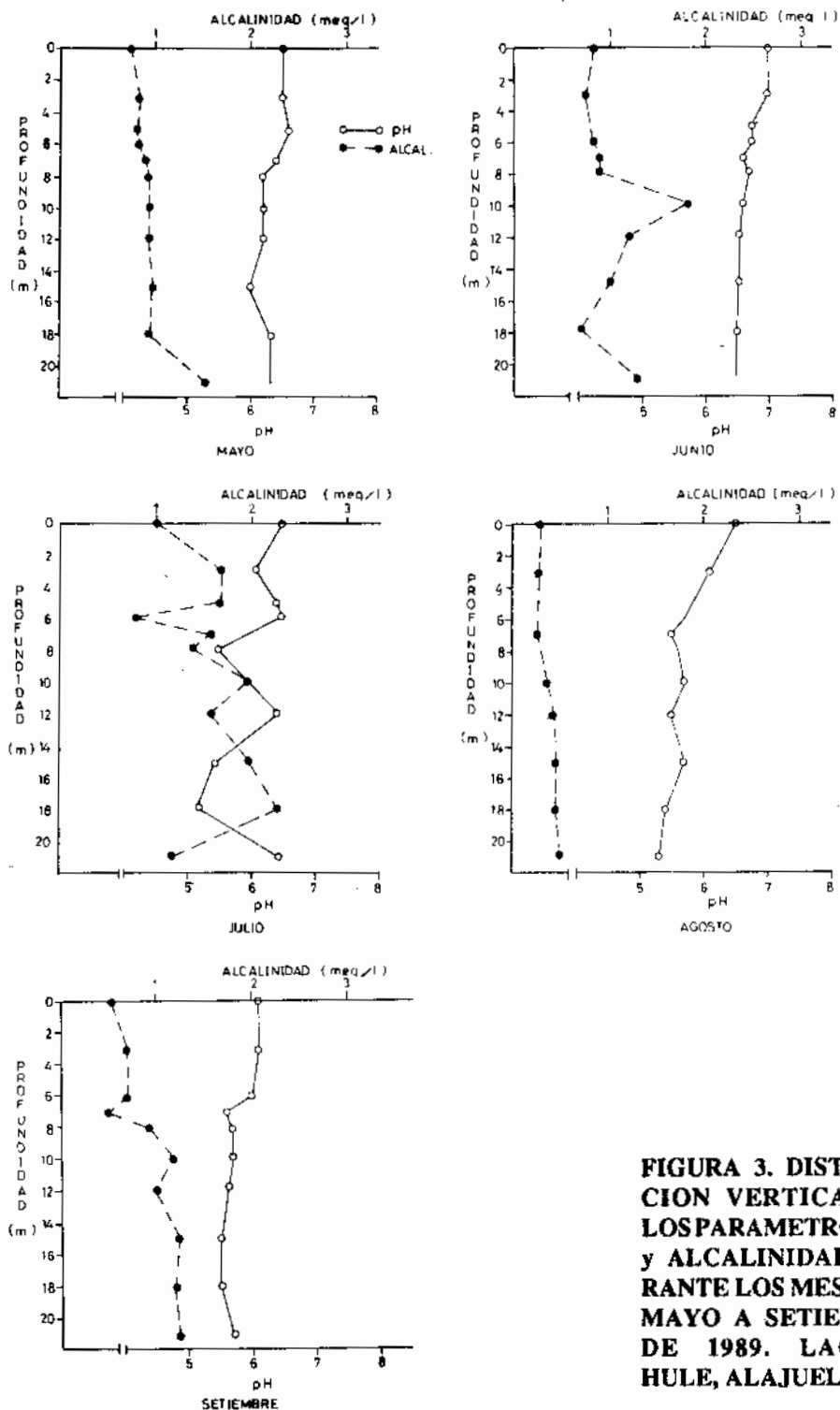


FIGURA 3. DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS PARAMETROS: pH y ALCALINIDAD, DURANTE LOS MESES DE MAYO A SETIEMBRE DE 1989. LAGUNA HULE, ALAJUELA.

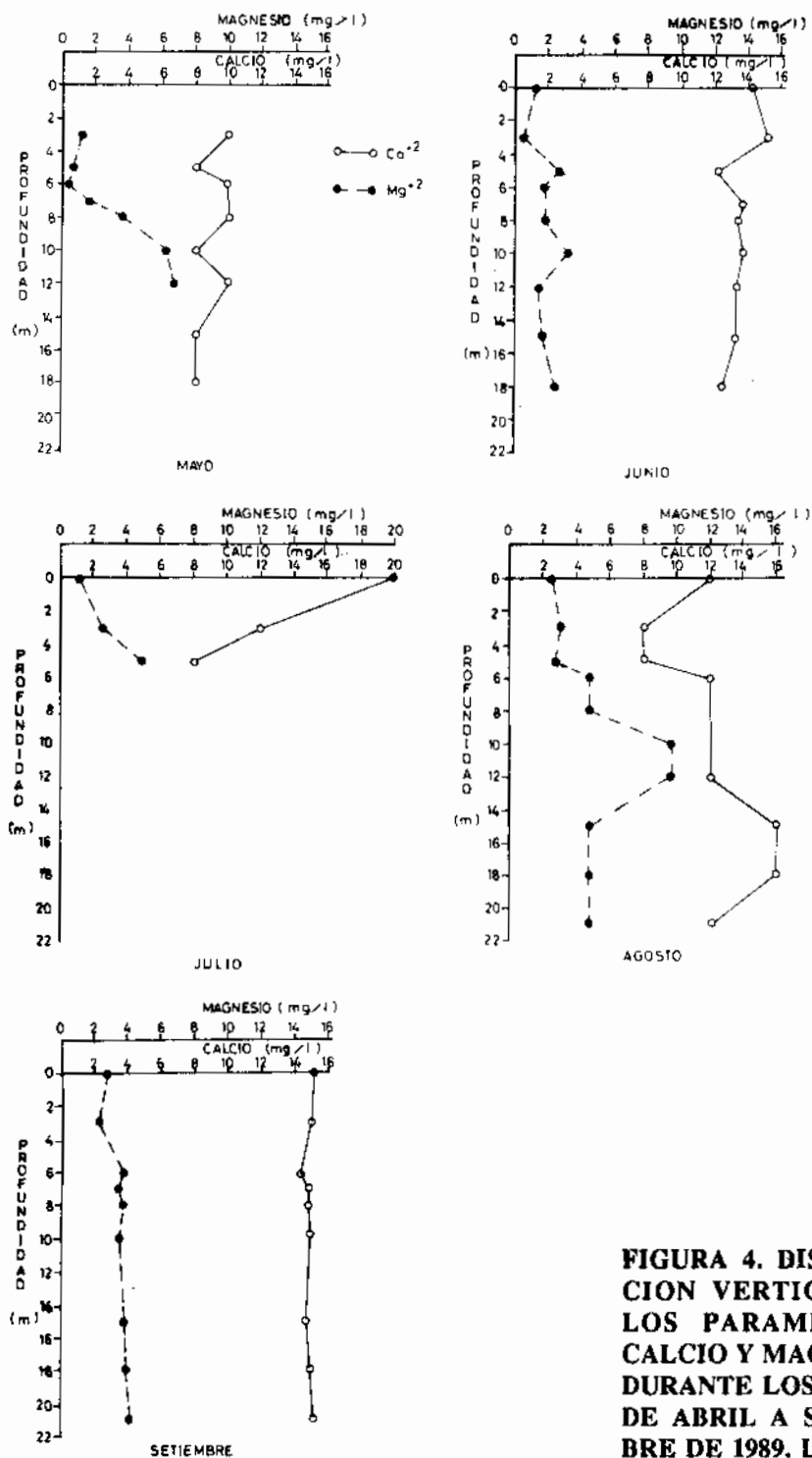


FIGURA 4. DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS PARAMETROS: CALCIO Y MAGNESIO, DURANTE LOS MESES DE ABRIL A SETIEMBRE DE 1989. LAGUNA HULE, ALAJUELA.

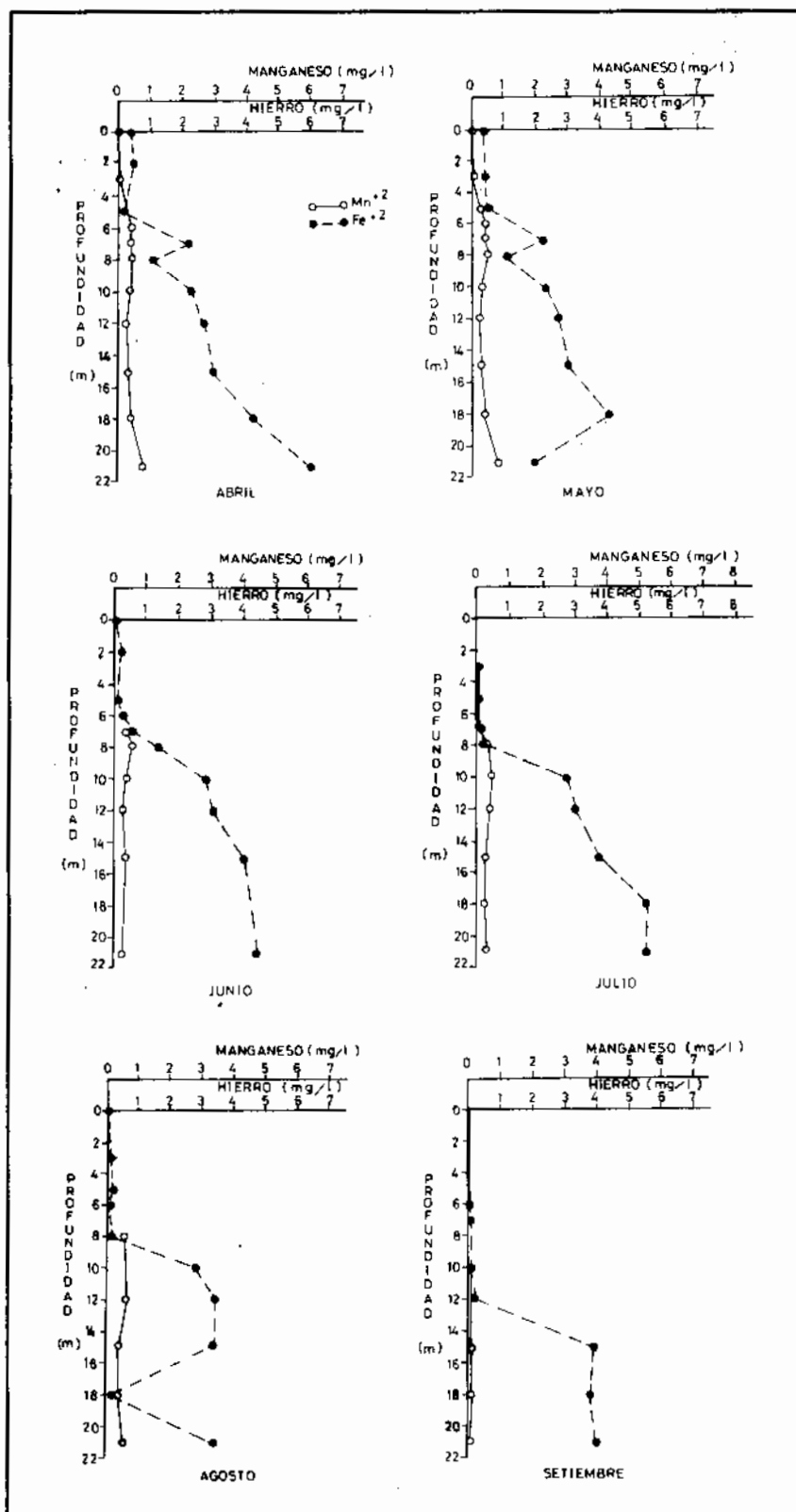


FIGURA 5: DISTRIBUCION VER-TICAL DE LOS PARAMETROS: HIERRO Y MANGANESO, DU-RANTE LOS ME-SSES DE ABRIL A SETIEMBRE DE 1989. LAGUNA HULE, ALAJUE-LA.

Los valores de alcalinidad y pH (Fig. 3) son típicos de aguas bicarbonatadas. La alcalinidad osciló entre 0.3 y 1.55 meg. l⁻¹ y el pH superficial se mantuvo cercano a la neutralidad de abril a junio, presentando valores inferiores a 7 (5.3 y 6.5) en los meses restantes.

La disminución mayor del pH se presentó en los meses de agosto y setiembre con valores en el hipolimnion de 5 y 5.7, respectivamente. Esta disminución del pH coincide con los valores más bajos de alcalinidad.

La curva vertical del pH fue bastante estable, presentando una pequeña disminución del pH a profundidad. Sin embargo, en los meses de julio y agosto esta curva, así como la de otros parámetros físico-químicos, fue bastante irregular evidenciando una probable mezcla en las semanas anteriores al muestreo.

En cuanto a los iones calcio y magnesio (Fig. 4) para aguas bicarbonatadas, la concentración de magnesio, tiende a ser alta. Sin embargo, siempre se mantuvo la relación de una concentración mayor de calcio con respecto de la del magnesio, condición característica en lagunas de origen volcánico.

La Fig. 5 muestra la distribución vertical del hierro y el manganeso. El hierro iónico del epilimnion de aguas productivas es sumamente bajo, tal y como se observa en la curva. A partir de la quimiocliná ubicada a los 10 m, el hierro aparece en estado ferroso en el hipolimnion en concentraciones que oscilan entre 0.186 mg. l⁻¹ y 6.35 mg. l⁻¹. En esta zona los iones ferrosos difunden rápidamente los sedimentos en condiciones de anoxia, dándose una curva clinógrada inversa entre el hierro y el oxígeno.

Al igual que el hierro, el manganeso, en estado divalente, aumenta su concentración en el hipolimnion. Los valores más altos se presentaron en el mes de mayo, con concentraciones de 0.82 mg. l⁻¹. Durante esta investigación se llevó a cabo la determinación taxonómica y conteo de los organismos fitoplanctónicos (García, 1990). El alto conte-

nido de hierro influyó en la composición de la comunidad fitoplanctónica al favorecer la presencia de una especie de *Trachelomonas* (*Chlorophyta*) que acumula hierro en su pared. Durante el período de estudio se evidenció dominancia de las algas verdes (*Chlorophyta*) en especial de los desmidos y algunas otras especies unicelulares. García (1990) señala densidades de 46.260 cel/ml para el mes de mayo de 1989 y de 61.725 cel/ml para junio de 1989, lo que indica que la laguna es altamente productiva.

Se puede concluir, que la Laguna Hule presenta períodos más o menos prolongados de estratificación y una diferencia considerable de temperatura entre la superficie y el fondo. Se caracteriza por tener una extensa zona anóxica con presencia de H₂S, lo que indica alta tasa de descomposición orgánica en el hipolimnion. Es probable que las entradas alóctonas de materia orgánica sean la fuente más importante de nutrientes, que estarían a disposición del fitoplancton, principalmente después de los períodos de mezcla.

Se destaca el alto contenido de hierro de la laguna, gran parte del cual proviene del cauce de los riachuelos que la surten. Esto es particularmente evidente en las aguas de la Quebrada Higuera (o Quebrada Agría), en las que Gocke *et al.* (1989), determinaron una concentración de 0.12 mg. l⁻¹ de hierro.

Se recomienda un estudio de variación anual de los parámetros físico-químicos y biológicos de la laguna que permitan establecer:

- a. Frecuencia y profundidad de los períodos de mezcla.
- b. Ciclo de nutrientes, productividad primaria, fitoplancton y zooplancton.

El conocimiento de estos aspectos permitirá establecer recomendaciones sobre la protección y manejo de esta laguna, dada su creciente utilización como sitio de recreo y de pesca.

LITERATURA CITADA

- Bergoing, J.P. y L.G. Brenes. 1978. Laguna Hule, una caldera volcánica. Informe semestral, Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica. Tesis Universidad de Costa Rica.
- Charpentier, C.; Tabash, F.A.; Fallas, I.A.; Zumbado, J.C.; Camacho, L. y Ramírez, E. 1988. Variación estacional en el lago de Río Cuarto, Provincia de Alajuela, Costa Rica. I. Limnología Física-química. Uniciencia 5(1-2): 77-85.
- García, M. 1990. Composición y clasificación vertical del fitoplancton en la Laguna Hule, Alajuela, Costa Rica. Mimeografiado (sin publicar).
- Gocke, K. 1987. Morphometric and limnological properties of the Laguna Río Cuarto, Costa Rica. Rev. Biología Tropical 35(2): 277-285.
- Gocke, K. 1989. Estudio morfológico de la Laguna Hule. Mimeografiado (sin publicar).
- Gocke, K. 1989. Manual para la determinación de «Procesos de producción y degradación en biotopos marinos, especialmente en lagunas costeras y manglares. Mimeografiado (sin publicar).
- Holdridge, L.R. 1978. Ecología basada en las zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica.
- ICE, 1988. Relaciones públicas. El ABC del ICE. 3 ed. San José, Costa Rica.
- Lind, O. 1979. Handbook of common methods in Limnology. Second Ed. Mosby. St. Louis. Toronto. London. 199 pp.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnología. Second ed. Saunders. Philadelphia. London. Toronto. 743 pp.