

**CENTRO PARA LA INVESTIGACION EN RECURSOS ACUATICOS  
DE NICARAGUA (CIRA/UNAN)**

**CONTRIBUCION AL SEGUNDO  
CONGRESO CIENTIFICO DE LA UNAN MANAGUA  
1 - 4 DICIEMBRE, 1992.**

**CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LAS AGUAS  
DEL LAGO CRATERICO "TISCAPA"  
CON 5 FIGURAS Y 2 TABLAS**

**Mauricio Lacayo E., Selvia Flores & Ivette López Z.**

**CIRA/UNAN, APARTADO 4598, MANAGUA NICARAGUA.**

**MANAGUA, NOVIEMBRE DE 1992**

**CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE LAS AGUAS DEL  
LAGO CRATERICO "TISCAPA"**

**MAURICIO LACAYO E., SELVIA FLORES S. E IVETTE LOPEZ Z.**

**RESUMEN**

Durante el período mayo 91-abril 92 fueron colectadas mensualmente muestras de agua a diferentes profundidades en el centro del lago Tiscapa.

Los perfiles de temperatura y oxígeno disuelto mostraron una estratificación del lago a lo largo del año excepto en los meses de diciembre y enero, en los cuales la estratificación se rompe para dar origen a la mezcla. De acuerdo al comportamiento de estas dos variables el lago Tiscapa muestra un patrón de mezcla monomíctico.

La conductividad eléctrica promedió un valor relativamente bajo de  $241.7 \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ . El lago es ligeramente alcalino con un valor medio de pH de 7.89 unidades. De acuerdo a la dureza total las aguas del lago son consideradas moderadamente duras.

La hidroquímica del ecosistema de acuerdo a los iones dominantes, presenta características del tipo  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ . Este carácter hidroquímico también es encontrado en la mayoría de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca de drenaje.

La concentración media de fósforo total fue de  $75 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  y la de ortofosfato disuelto ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) fue de  $25 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .

De acuerdo al índice de estado trófico basado en el fósforo total, el lago Tiscapa se clasifica como 35% oligotrófico y 65% mesotrófico, y en relación a la clorofila "a" como 64% ultraoligotrófico, 34% oligotrófico y 2% mesotrófico.

Dado el impacto negativo que el canal artificial ejerce sobre el ecosistema se recomienda su desvío, lo mismo que un manejo adecuado de su cuenca.

**CENTRO DE INVESTIGACION DE RECURSOS ACUATICOS  
CIRA (UNAN-MANAGUA)  
DEPARTAMENTO DE HIDROQUIMICA  
APARTADO POSTAL 4598  
MANAGUA, NICARAGUA.**

## INTRODUCCION

El lago Tiscapa es el más pequeño de los lagos cratéricos de la ciudad de Managua, tiene una superficie de 0.16 km<sup>2</sup> y sus profundidades media y máxima son de 21.6m y 39m respectivamente; con una altura de 51-57 m.s.n.m. Se originó por una erupción volcánica hace aproximadamente 10,000 años (BANIC, 1977). Este lago casi no tiene litoral debido a que su línea costera es bastante vertical.

El Lago ha tenido una actividad volcánica residual muy significativa con emisiones de sulfuro que han ocasionado la muerte masiva de peces ocurrida en el siglo XIX (VONSEEBACH, 1982) Y XX (BANIC, 1977).

Desde el punto de vista de su futuro posible aprovechamiento para diferentes fines, este lago tiene una ubicación muy ventajosa en el mismo centro de la ciudad de Managua. Su ubicación lo hace muy vulnerable a la contaminación, especialmente por el aporte de aguas pluviales y desechos domésticos conducidos por el canal artificial "Tiscapa" que intercepta el ramal San Isidro-Jocote Dulce-Los Duartes.

Se consideró como una fuente de agua en 1883 cuando ECKMAN realizó el primer estudio del lago, pero la concentración de algas en el mismo le influyó recomendar Asososca y no Tiscapa para la obtención de agua potable. Muchos han recomendado el lago Tiscapa como fuente que podría suministrar una pequeña parte de los requerimientos de agua potable de Managua, entre ellos HAZEN Y SAWYER (1964) y Naciones Unidas (1975). Tanto INETER en 1987 como PLATA en 1987 señalaron la posibilidad de recuperar el lago Tiscapa a pesar de la contaminación bacteriológica y orgánica (KRASNY, 1988).

Considerando diferentes aspectos, incluso los de la protección ambiental, es necesario hacer una investigación de su calidad físico-química y determinar su grado de contaminación. Por tal razón el presente trabajo, que es parte del programa de investigación del Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos, tiene como propósito hacer un estudio físico-químico para conocer la calidad del agua del lago y mantener un control sobre ella.

## MATERIALES Y METODOS

Para realizar el estudio físico-químico de las aguas del lago Tiscapa, se llevaron a cabo muestreos mensuales en el centro del lago y a profundidades de 0, 20 y 35m, y se cubrió el perfil de oxígeno disuelto, temperatura y gas sulfhídrico. Las muestras se tomaron en el período de mayo 1991 a abril 1992, con lo que se abarcó tanto la estación lluviosa como la seca.

Para recolectar las muestras se utilizó un hidrocaptador Malchanov. Una vez captada la muestra se tomó la temperatura y se depositaron cuatro litros de agua en recipientes de polietileno. La muestra se utilizó para todos los análisis, exceptuando DQO, DBO, oxígeno disuelto y amonio. Las muestras para la determinación de DBO se recolectaron en botellas de polietileno y se refrigeraron inmediatamente, mientras que las muestras para DQO y oxígeno disuelto se recolectaron en botellas de vidrio con tapón esmerilado, preservándose las primeras con ácido sulfúrico concentrado y las segundas fijando el oxígeno con una mezcla cristalina de sulfato de manganeso, azida y nitruro de sodio. Las muestras para la determinación de amonio se recolectaron en botellas de vidrio ámbar y se preservaron con 1 ml/l de ácido sulfúrico concentrado.

El pH y la conductividad se midieron al momento de ingresar las muestras al laboratorio. Los métodos utilizados para determinar las demás variables se describen en la tabla 1.

Se calculó el porcentaje del balance iónico de los macroconstituyentes en cada muestra analizada y éste fue menor de 5% .

$$\% \text{ de balance iónico} = \frac{\text{Tot.cationes (meq/l)} - \text{Tot.aniones (meq/l)}}{\text{Tot.iones (meq/l)}} * 100$$

**TABLA #1 METODOS ANALITICOS**

PARAMETROS	METODO	REFERENCIA
CONDUCTIVIDAD	POTENCIOMETRICO	(1) METODO #205
CALCIO	TITRIMETRICO EDTA	(1) METODO #311 C
DUREZA	TITRIMETRICO EDTA	(1) METODO #314 B
HIERRO TOTAL	FENANTROLINA	(1) METODO #315 B
MAGNESIO	POR CALCULACION	(1) METODO #318 C
POTASIO	FOTOMETRIA DE LLAMA	MANUAL DEL EQUIPO
SODIO	FOTOMETRIA DE LLAMA	MANUAL DEL EQUIPO
ALCALINIDAD	TITRIMETRICO	(1) METODO #403
BORO	CURCUMINA	(1) METODO #404
CLORURO	ARGENTOMETRICO	(1) METODO #407 A
FLUORURO	SPADNS	(1) METODO #413 C
NITROGENO (NH <sub>3</sub> )	AZUL INDOFENOL	(2) PAGINA 139
NITROGENO (NO <sub>3</sub> )	REDUCCION DE CADMIO (MODIFICADO)	(3)
NITROGENO (NO <sub>2</sub> )	SULFANILAMIDA	(1) METODO #419
VALOR pH	POTENCIOMETRICO	MANUAL DEL EQUIPO
FOSFORO TOTAL Y TOTAL DISUELTO	DIGESTION H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Y HNO <sub>3</sub> CON ACIDO ASCORBICO	(1) METODO #424 CII (1) METODO #424 F
ORTOFOSFATO	ACIDO ASCORBICO	(1) METODO #424 F
SILICA REACTIVA	MOLIBDOSILICATO	(1) METODO #425 C
SULFATO	TURBIDIMETRICO	(1) METODO #426 C
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	INCUBACION A 20°C Y MODIFICACION DE AZIDA	(1) METODO #507
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	METODO DE REFLUJO ABIERTO	(1) METODO #508 A

REFERENCIA 1: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. APHA. AWWA. WPCF. 1985, 16th Edition.

REFERENCIA 2: ANALISIS DE LAS AGUAS. AGUAS NATURALES. AGUAS RESIDUALES. AGUAS DE MAR. J. RODIER 1981, Ediciones OMEGA.

REFERENCIA 3: CRHEA. CENTRO DE RECURSOS HIDRICOS Y ECOLOGIA APLICADA SAN CARLOS, SAO PAULO. BRASIL.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Temperatura y Oxígeno Disuelto

La temperatura mostró un valor medio anual de  $28.09 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.85$  (rango 27.0-29.6  $^{\circ}\text{C}$ ). El ecosistema presentó una estratificación térmica a lo largo de todo el año excepto en los meses de diciembre y enero (fig. 1) que corresponde al período de mezcla del lago. Este fenómeno se presenta cíclicamente entre los meses de diciembre y febrero, lo que nos demuestra que en este período de tiempo el lago logra mezclarse, pudiéndose clasificar así como un lago monomíctico.

El oxígeno disuelto mostró un comportamiento similar al de la temperatura (fig. 1). En el período de mezcla debido a la incorporación de materia orgánica a la columna de agua procedente del fondo del lago, el oxígeno disuelto presentó valores muy bajos aun en la superficie. Durante el período de estratificación el lago se mantuvo casi en un 75%, relacionado con su profundidad, en estado anóxico, como lo demuestran los valores del gas sulfhídrico (fig. 1). La presencia del gas sulfhídrico en la masa de agua se debe en gran parte a la descomposición de compuestos orgánicos sulfurosos, ya que el comportamiento de los sulfatos no mostró signos fuertes de reducción. Es importante la realización de estudios tendientes a definir el origen del  $\text{H}_2\text{S}$  en el ecosistema debido a la posible presencia de este gas procedente de la actividad volcánica.

### Conductividad Eléctrica y Sólidos Totales Disueltos

La conductividad eléctrica mostró un valor promedio anual de  $241.7 \text{ } \mu\text{s}.\text{cm}^{-1} \pm 16.46$  (rango 217-276.0  $\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$ ). La distribución vertical mostró valores relativamente homogéneos con ligeros incrementos en el fondo del lago para la mayoría de los meses. La variación estacional mostró valores medios de 240.39 y 243.06  $\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$  para la estación seca y lluviosa respectivamente, no presentando valores estacionales significativos.

Los sólidos totales disueltos (STD) promediaron un valor de  $197.73 \text{ mg}.\text{l}^{-1} \pm 13.35$  (rango 172-222.9  $\text{mg}.\text{l}^{-1}$ ). La distribución vertical mostró un comportamiento similar al de la conductividad, los valores medios para la estación seca y la lluviosa fueron de  $202.6 \text{ mg}.\text{l}^{-1} \pm 10.23$  y  $192.8 \text{ mg}.\text{l}^{-1} \pm 16.7$  respectivamente, demostrando éstos una variación poco significativa.

### pH, Alcalinidad, Carbonatos y Bicarbonatos

El pH promedió un valor de 7.89 unidades  $\pm$  0.31 (rango 7.42-8.9 unidades). La distribución vertical mostró ligeros incrementos en la superficie, probablemente esto sea debido al consumo del dióxido de carbono por la actividad fotosintética. La variación estacional no fue significativa, ya que se registraron valores de 7.82 unidades  $\pm$  0.22 y 7.97 unidades  $\pm$  0.37 para la estación seca y lluviosa respectivamente.

La alcalinidad total promedió un valor de  $102.95 \text{ mg.l}^{-1} \pm 8.82$  (rango 70.3-118.5  $\text{mg.l}^{-1}$ ) y fue producida principalmente por el ion bicarbonato, el cual mostró un valor promedio de  $115.93 \text{ mg.l}^{-1} \pm 12.3$  (rango 85.6-114.6  $\text{mg.l}^{-1}$ ). La distribución vertical del bicarbonato fue relativamente homogénea y la variación estacional mostró un valor promedio más alto ( $122.94 \text{ mg.l}^{-1} \pm 8.7$ ) en la estación seca que el mostrado para la estación lluviosa ( $108.92 \text{ mg.l}^{-1} \pm 15.93$ ) debido fundamentalmente a la concentración de este ion en la época seca (tab. 2).

En relación a los carbonatos estos fueron bajos con rango de 0.0-15.48  $\text{mg.l}^{-1}$  (tab. 2).

### CATIONES

El principal catión fue el calcio (tab. 2). Este ión promedió un valor de  $20.58 \text{ mg.l}^{-1} \pm 2.03$  (rango 16.93-27.25  $\text{mg.l}^{-1}$ ). Su distribución vertical fue relativamente homogénea presentándose valores un poco más altos en el fondo del lago. La distribución estacional no mostró variaciones significativas; los valores medios fueron de  $20.09 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.75$  y  $21.08 \text{ mg.l}^{-1} \pm 2.32$  para la estación seca y lluviosa respectivamente.

El segundo catión en importancia fue el sodio. Este promedió un valor de  $20.93 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.07$  (rango 18.5-23.0  $\text{mg.l}^{-1}$ ). La distribución vertical de este ion fue homogénea dada sus características de ión conservativo. Por esta misma razón su distribución estacional no mostró variación significativa, los valores medios fueron de  $20.53 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.24$  y  $21.33 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.91$  para la estación seca y lluviosa respectivamente.

De acuerdo a la predominancia de los iones, las aguas del lago Tiscapa son clasificadas del tipo  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ , estos tres iones predominan en el acuífero Las Sierras. En las zonas de recarga predominan las aguas del tipo genético  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  y  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ .

Durante el escurrimiento subterráneo estos tipos se cambian a  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$  y  $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$  y finalmente al tipo genético  $\text{HCO}_3\text{-Na}$ , característico en las zonas de descarga incluyendo el lago de Managua como una cuenca natural de descarga. El intercambio catiónico se debe a la existencia de zeolitas dentro de las rocas de origen volcánico y al gran espesor y extensión del conjunto de acuíferos Las Sierras (HECHT, 1989).

ALTAMIRANO Y CACERES, 1991, reportan características hidroquímicas del tipo  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  para las aguas superficiales del acuífero Las Sierras.

El tercer catión en importancia para el lago Tiscapa es el potasio, este promedió un valor medio de  $9.37 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.61$  (rango  $7.5\text{-}10.4 \text{ mg.l}^{-1}$ ). La distribución vertical y estacional no mostró variaciones significativas, los valores medios para la estación seca y lluviosa fueron de  $9.4 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.95$  y  $9.35 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.28$  respectivamente, estos valores reflejan lo conservativo de este ión.

El magnesio promedió un valor de  $5.26 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.51$  (rango  $2.34\text{-}10.43 \text{ mg.l}^{-1}$ ). La distribución vertical fue relativamente homogénea y la estacional mostró valores de  $5.83 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.99$  y  $4.7 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.03$  para la estación seca y lluviosa respectivamente; las concentraciones de la estación seca son producto del proceso de concentración de sales. Como puede notarse, los valores de potasio y magnesio mostraron valores muy bajos.

EL valor promedio de dureza total (expresada como  $\text{CaCO}_3$ ) fue de  $72.3 \text{ mg.l}^{-1} \pm 7.28$  (rango  $63.4\text{-}93.6 \text{ mg.l}^{-1}$ ) de acuerdo a la clasificación de HEM, 1970, el agua del lago Tiscapa es moderadamente dura.

## ANIONES

La concentración de cloruro en el lago Tiscapa promedió un valor de  $12.42 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.81$  (rango  $8.5\text{-}15.6 \text{ mg.l}^{-1}$ ). La variación vertical mostró una relativa homogeneidad y la estacional presentó un aumento en la estación lluviosa con un valor promedio de  $13.26 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.33$ , en relación a la estación seca que fue de  $11.59 \text{ mg.l}^{-1} \pm 2.3$ , esto probablemente, debido al aporte de las aguas pluviales procedentes del canal artificial que drena hacia el lago.

Las concentraciones de sulfato promediaron un valor de  $2.85 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.3$  (rango  $<1.0-7.77 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Estos valores están muy por debajo de los reportados por WETZEL, 1983, para aguas naturales de  $5.0-30.0 \text{ mg.l}^{-1}$  como valores extremos y  $11.0 \text{ mg.l}^{-1}$  como valores promedios (tab. 2).

## NUTRIENTES

### Fósforo Total

La concentración de fósforo total fue de  $75 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1} \pm 50$  (rango  $<10-390 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ ). La distribución vertical fue heterogénea (fig. 2), presentándose las mayores concentraciones en el fondo, debido a la actividad metabólica y a la muerte de los organismos, la actividad fotosintética y al fenómeno de precipitación ligado al hierro, calcio, bicarbonato y pH.

En relación a la estacionalidad, el fósforo total promedió un valor mayor en la estación lluviosa ( $80 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1} \pm 30$ ) en relación a la estación seca ( $70 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1} \pm 80$ ), debido probablemente al aporte del canal artificial (fig. 3).

### Ortofosfato Disuelto

La concentración media de  $\text{PO}_4\text{-P}$  fue de  $25 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1} \pm 10$  (rango  $<10.0-100 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ ). La distribución del ortofosfato disuelto ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) fue heterogénea, presentándose las mayores concentraciones en el fondo del lago (fig. 2), esto se debe probablemente a 3 factores: el primero está relacionado con la precipitación del fosfato por medio del hierro en la zona del epilimio; el segundo está dado por el consumo del ortofosfato por el fitoplancton y un tercero por la presencia de  $\text{H}_2\text{S}$  en el hipolimio, lo que permite una liberación del ortofosfato hacia la columna de agua, todo esto unido a la actividad bacteriana y enzimática por medio de la cual el fósforo orgánico es mineralizado y liberado a la columna de agua.

La concentración de  $\text{PO}_4\text{-P}$  en la estación seca (fig. 3) promedió valores mayores ( $30 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1} \pm 20$ ) que en la estación lluviosa ( $20 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1} \pm 10$ ).

### Amonio-Nitrato-Nitrito

La concentración media de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) fue de  $250 \mu\text{g.l}^{-1} \pm 140$  (rango  $<10.0-54.0 \mu\text{g.l}^{-1}$ ). La distribución vertical mostró las mayores concentraciones en el fondo del lago y las menores en la superficie debido a la estratificación térmica. Durante este período se observaron bajas concentraciones en el epilimio por el fitoplancton y altas tasas de amonificación de nitrato en el hipolimio.

La estación lluviosa promedió una mayor concentración de  $\text{NH}_4^+$  ( $290 \mu\text{g.l}^{-1} \pm 150$ ) en relación a la estación seca ( $220 \mu\text{g.l}^{-1} \pm 140$ ) debido al aporte de materia orgánica transportada a través del canal artificial.

El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) promedió concentraciones de  $0.87 \text{mg.l}^{-1} \pm 0.7$  (rango  $<0.01-2.01 \text{mg.l}^{-1}$ ). La distribución de nitrato en la columna de agua de lagos tropicales no evidencia ningún patrón definido (ESTEVENS, 1988). Según BARBOSA, 1981, la distribución de nitrato en la columna de agua en lagos tropicales es fuertemente influenciada por la actividad de las bacterias nitrificantes y desnitrificantes que actúan simultáneamente en el ecosistema.

Las menores concentraciones de nitrato en el lago Tiscapa fueron encontradas en la superficie debido a los requerimientos de  $\text{NO}_3^-$  del fitoplancton, y las mayores en el fondo; a su vez éstas fueron encontradas en la estación lluviosa ( $0.97 \text{mg.l}^{-1} \pm$  y las menores en la estación seca ( $0.77 \text{mg.l}^{-1} \pm 0.58$ ). Los valores de la estación lluviosa se fundamentan en el aporte del canal artificial.

Las concentraciones medias de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) fueron de  $0.36 \text{mg.l}^{-1} \pm 0.12$  (rango  $<0.05-0.78 \text{mg.l}^{-1}$ ); dada su rápida oxidación en la superficie este ión mostró valores bajos en el epilimio.

### Silice ( $\text{SiO}_2$ )

La concentración media de  $\text{SiO}_2$  fue de  $7.94 \text{mg.l}^{-1} \pm 2.25$  (rango  $3.01-11.42 \text{mg.l}^{-1}$ ). En la mayoría de los meses éste mostró una distribución vertical heterogénea, presentándose las mayores concentraciones en el fondo del lago debido a que en la superficie este ión es consumido por las algas, principalmente las diatomeas.

En relación a su distribución estacional este presentó concentraciones ligeramente superiores en la estación seca ( $8.24 \text{mg.l}^{-1} \pm 1.41$ ) en comparación a la estación lluviosa ( $7.65 \text{mg.l}^{-1}$

± 3.09), estos valores se explican en las concentraciones de diatomeas, las cuales fueron de  $0.461 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.37$  y  $0.121 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.07$  para la estación lluviosa y seca respectivamente (MANGAS et al., 1992).

### Hierro Total

La concentración media de hierro total fue de  $0.57 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.48$  rango  $<0.02-2.17 \text{ mg.l}^{-1}$ ) debido a las condiciones oxidantes prevalecientes en la superficie del lago. La distribución vertical del ión mostró mayores concentraciones en el fondo del lago. En relación a la estacionalidad, la estación lluviosa presentó una concentración media de  $0.77 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.62$  ligeramente superior a la de la estación seca que fue de  $0.38 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.35$ . A pesar de la considerable carga de los sedimentos transportados por el canal artificial, los valores estacionales no mostraron una variación significativa, por lo que se deduce de que este metal se encuentra precipitado en el fondo del lago.

### Boro

Las concentraciones de boro mostraron un valor medio de  $0.06 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.03$  (rango  $0.02-0.22 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Estas concentraciones son consideradas como muy bajas. Los valores medios de la estación lluviosa mostraron un leve incremento de  $0.07 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.06$  en relación a la estación seca que fue de  $0.05 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.01$  debido al aporte de la cuenca de drenaje a través del canal artificial.

### INDICE DE ESTADO TROFICO (IET)

Para la aplicación del índice de estado trófico (IET) fue utilizado el método de SALAS & MARTINO (1990), el cual se basa en la distribución de probabilidad de nivel trófico de lagos cálidos tropicales basado en fósforo total y clorofila "a" (adaptado de VOLLENWEIDER Y KEREKES, 1981, en datos de lagos cálidos tropicales). Para la aplicación del IET no se tomaron en cuenta los valores de disco Secchi, ya que en el lago estos valores no son representativos del estado trófico, debido a que la transparencia de las aguas está relacionada con la turbidez abiótica (relacionada con la carga de sedimento que aporta el canal artificial y las cuales, aunque no se han cuantificado, es evidente que están causando un serio impacto al ecosistema) y no a la densidad de organismos planctónicos.

De acuerdo al IET basado en la distribución de probabilidad de nivel trófico relacionado con el fósforo total (fig. 4), el lago se clasifica como: 35% oligotrófico y 65% mesotrófico, y en relación a la clorofila "a" (MANGAS et al., 1992) el lago se clasifica como: 64% ultraoligotrófico, 34% oligotrófico y 2% mesotrófico (fig. 5).

### DBO<sub>5</sub> Y DQO

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) promedió un valor de 7.45 mg.l<sup>-1</sup> ± 4.02 (rango 1.4-16.0 mg.l<sup>-1</sup>). La DBO<sub>5</sub> mostró una distribución vertical heterogénea y en relación a la variación estacional, la estación lluviosa registró valores altos de 9.5 mg.l<sup>-1</sup> ± 4.69, en comparación con la estación seca que fue de 5.41 mg.l<sup>-1</sup> ± 3.72, el incremento de la estación lluviosa es producto del aporte de materia orgánica transportada por las aguas pluviales.

La demanda química de oxígeno (DQO) promedió un valor de 48.35 mg.l<sup>-1</sup> ± 34.3 (rango 17.38-200 mg.l<sup>-1</sup>). La distribución vertical fue heterogénea presentando en la mayoría de los meses valores más altos en el fondo, debido al proceso de precipitación de la materia orgánica e inorgánica. La variación estacional de DQO mostró valores más altos en la época lluviosa de 64.4 mg.l<sup>-1</sup> ± 56.79 en relación a la época seca que fue de 32.2 mg.l<sup>-1</sup> ± 11.81, como puede observarse, los valores de la estación lluviosa duplican a los de la estación seca; esto es producto de la carga de material alóctono transportado a través del canal artificial.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a su patrón de mezcla, el lago Tiscapa puede ser considerado monomíctico.

Basado en los iones dominantes, la hidroquímica del lago Tiscapa presenta características del tipo  $\text{HCO}_3^-$ -Ca-Na, también encontrado en la mayoría de las aguas subterráneas y superficiales del acuífero Las Sierras (cuenca de drenaje).

La conductividad eléctrica es relativamente baja.

El agua del lago es alcalina y moderadamente dura.

Las concentraciones de hierro total mostraron valores relativamente altos, esto probablemente sea debido al aporte de sedimentos provenientes de la cuenca, transportados a través del canal artificial.

Aplicándose el índice de estado trófico (IET) basado en el fósforo total, el lago Tiscapa se clasifica como: 35% oligotrófico y 65% mesotrófico, y en relación a la clorofila "a" el lago se clasifica como: 64% ultraoligotrófico, 34% oligotrófico y 2% mesotrófico.

Se concluye que el canal artificial que descarga al lago Tiscapa está impactando de manera negativa la calidad del agua del lago debido al gran aporte de sedimentos y materia orgánica.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALTAMIRANO, M. & CACERES, R. 1991. Caracterización Físico-Química de los Cauces que Drenan al Lago Xolotlán. Tesis Universidad Autónoma de Nicaragua-León.
- 2.- BANIC. 1977. Informe Financiero 1976. Banco Nicaragüense de Industria y Comercio, Managua. 46 p.
- 3.- BARBOSA, F. A. R. 1981. Variações Diurnas (24 horas) de Parâmetros Limnológicos Básicos e da Produtividade Primária do Fitoplâncton na Lagoa Carioca. Parque Florestal do Rio Doce. MG. Brasil. Sao Carlos, DCB/UFSCar. 206 p. (Tese).
- 4.- ESTEVES, F. A. 1988. Fundamentos de Limnología. IJNEP, Brasil.
- 5.- HECHT, G. 1989. Apuntes sobre la Hidroquímica de Lagunas en la Región del Pacífico de Nicaragua. INETER.
- 6.- HEM, J. D. 1970. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. U. S. Geol. Surv.
- 7.- KRASNY, N. Y A. LOPEZ. 1988. Más Agua para Managua... pero de dónde? INETER. Dirección General de Hidrometeorología y Suelos.
- 8.- MANGAS et al. 1992. La Comunidad Planctónica y la Actividad Fotosintética del Lago Cratérico Tiscapa.
- 9.- SALAS, H. AND P. MARTINO. 1990. Metodologías Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales. ed., Programa Regional CEPIS/OPS/HPE, Lima.
- 10.- VONSEEBACH, K. 1982 Los Volcanes de Nicaragua. Revista del Pensamiento Centroamericano No. 176: 34-70.
- 11.- WETZEL, R. G. 1983. Limnology. Saunders College Publishing.

TABLA #2 PRINCIPALES IONES DE LAS AGUAS DEL LAGO TISCAPA  
 ABRIL 1991 - MAYO 1992  
 MUESTRAS DE LA COLUMNA DE AGUA

CATIONES (mg/l)																
ESTACION	Ca				Mg				Na				K			
	Min	Max	X	STD	Min	Max	X	STD	Min	Max	X	STD	Min	Max	X	STD
LLUVIOSA	17.46	27.25	21.08	2.32	2.34	6.74	4.70	1.03	20.00	23.00	21.33	0.91	20.00	23.00	9.35	0.28
SECA	16.93	24.71	20.09	1.75	2.90	10.43	5.83	1.99	18.50	23.00	20.53	1.24	7.50	10.40	9.40	0.95
TOTAL	16.93	27.25	20.58	2.03	2.34	10.43	5.26	1.51	18.50	23.00	20.93	1.07	7.50	10.40	9.37	0.61

ANIONES (mg/l)																
ESTACION	HCO <sub>3</sub>				CO <sub>3</sub>				Cl				SO <sub>4</sub>			
	Min	Max	X	STD	Min	Max	X	STD	Min	Max	X	STD	Min	Max	X	STD
LLUVIOSA	85.62	144.68	108.92	15.93	0.00	15.48	7.46	5.09	9.70	15.43	13.26	1.33	1.00	7.77	2.75	1.75
SECA	105.10	141.03	122.94	8.7	0.00	10.62	3.46	3.47	8.55	15.68	11.59	2.3	1.62	4.98	2.88	0.86
TOTAL	85.62	144.68	115.93	12.31	0.00	15.48	5.46	4.28	8.50	15.68	12.42	1.81	1.00	7.77	2.81	1.3

**Fig. 1 PERFILES DE TEMPERATURA, OXIGENO DISUELTO Y GAS SULFHDICO LAGO TISCAPA**

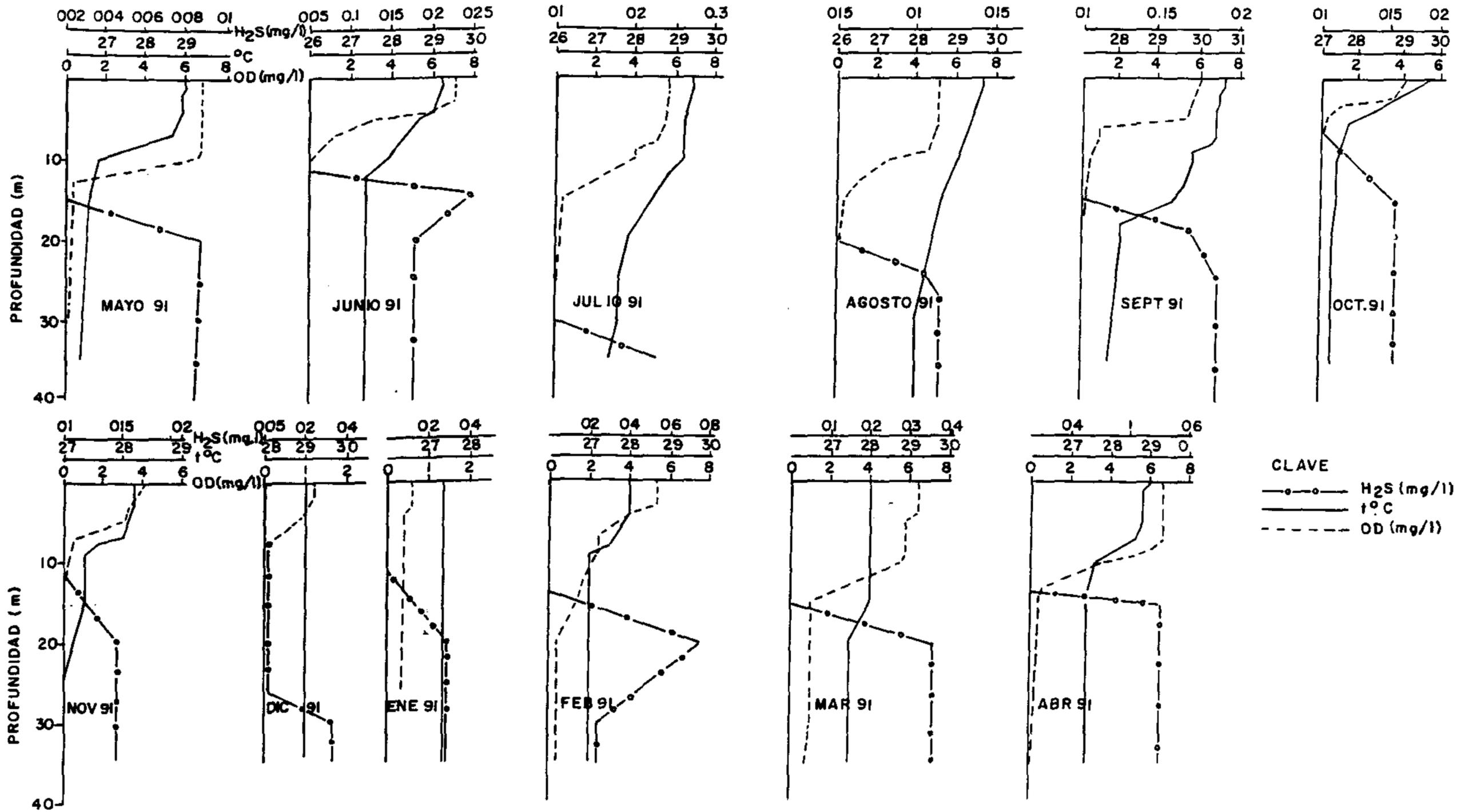
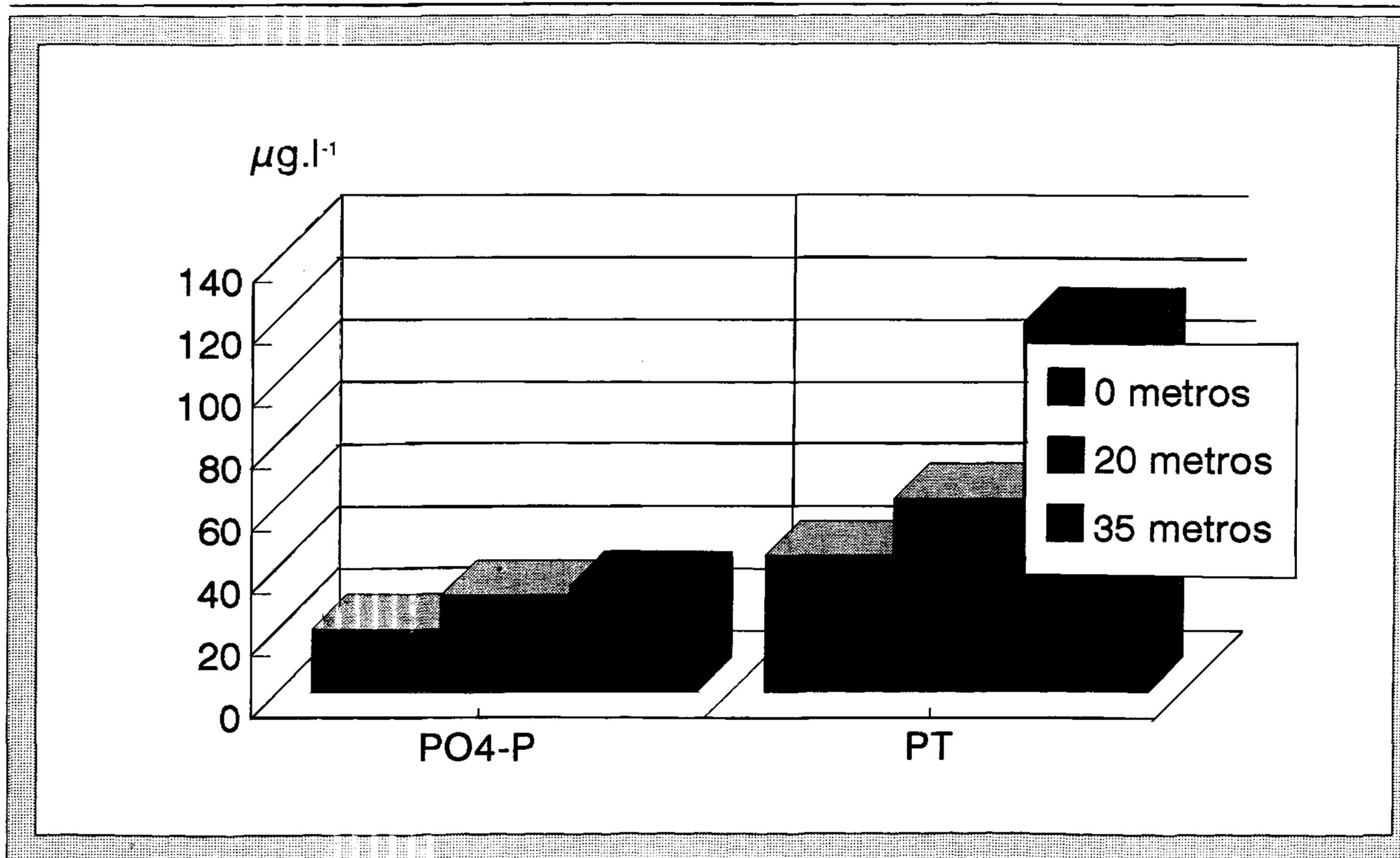


Fig. 2 LAGO TISCAPA  
PO4-P Y PT (VALORES MEDIOS/COLUMNA)



**Fig. 3 LAGO TISCAPA  
PO4-P Y PT (DISTRIBUCION ESTACIONAL)**

