

**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 EMBALSE "LAS CANOAS"
CON 7 FIGURAS Y 3 TABLAS**

Mauricio Lacayo Escobar & Ivette López Zambrana.

CIRA/UNAN, APARTADO 4598, MANAGUA NICARAGUA.

MANAGUA, NOVIEMBRE DE 1992

CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LAS AGUAS DEL EMBALSE

"LAS CANDAS" (TRABAJO PRELIMINAR)

MAURICIO LACAYO ESCOBAR E IVETTE LOPEZ ZAMBRANA

RESUMEN

Durante el período de Marzo a Septiembre de 1992 fueron colectadas mensualmente muestras de agua superficiales y del fondo en seis estaciones del embalse y en una estación en el río Malacatoya.

Los perfiles de oxígeno disuelto y temperatura mostraron una distribución vertical homogénea presentándose microestratificaciones en las estaciones cuatro y cinco. De acuerdo al comportamiento de estas dos variables el embalse muestra un patrón de mezcla polimíctico. La transparencia fue baja e influenciada por las grandes cantidades de material alóctono (principalmente arcilla) la cual probablemente está limitando la producción primaria.

La conductividad eléctrica promedió un valor relativamente bajo de 248.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El embalse es alcalino con un valor medio de pH de 7.81. La dureza total de estas aguas es considerada moderadamente dura, las concentraciones de hierro total parecen estar influenciadas por la entrada de sedimento procedente de la cuenca y por la polimixis del embalse.

La hidroquímica del ecosistema de acuerdo a los iones dominantes presenta características del tipo HCO_3^- -Ca-Na, también encontrada en la mayoría de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca de drenaje.

Las concentraciones de sílice en el ecosistema son altas debido al aporte de sedimento derivado de la cuenca y probablemente al consumo limitado por parte de las diatomeas y otras algas como resultado de la poca penetración de luz debida a la alta concentración de sedimento en suspensión.

Las concentraciones de fósforo total y PO_4-P fueron altas, encontrándose este último en un 66.6% en relación al fósforo total, disponiendo las algas de regulares cantidades para su metabolismo.

De acuerdo al Índice de Estado Trófico basado en el fósforo total, el embalse se clasifica como 12% Mesotrófico, 68% Eutrófico y 20% Hipertrófico. En relación a la Clorofila "a" este se clasifica como 64% Mesotrófico, 22% Oligotrófico y 14% Eutrófico.

Debido a la fuerte degradación de la cuenca y su impacto negativo que ésta ejerce sobre el embalse, surge la necesidad de un proyecto de manejo adecuado tendiente a disminuir el aporte de sedimento hacia el embalse.

INTRODUCCION

Los estudios de los embalses son de máxima importancia para la obtención de datos científicos y aplicados, con el objetivo de mejorar la calidad del agua en función de sus múltiples usos, también estos estudios posibilitan la aplicación de pronósticos con la finalidad de cuantificar futuras alteraciones que puedan interferir significativamente con los mecanismos de funcionamiento normales del ecosistema (ANDRADE et al., 1986).

El embalse fue construido en 1982 por el represamiento del río

Malacatoya. Las características morfométricas, climáticas e hidroeléctricas son mostradas en la tabla #1.

El embalse "Las Canoas" está destinado para múltiples fines tales como: riego, generación de energía eléctrica y como fuente de alimento (pesca artesanal). El uso principal es abastecer de aguas de riego al ingenio azucarero "Victoria de Julio". En este ecosistema también se encuentra ubicada una planta hidroeléctrica que cuenta con tres mini-turbinas para aprovechar la energía hidráulica. La generación de energía está en dependencia del volumen de agua requerido y despachado para el riego de las plantaciones de caña del ingenio (SANCHEZ, 1992).

De la actividad pesquera dependen como único sustento económico un poco más de 50 familias, las cuales habitan en las márgenes del embalse.

LA CUENCA

La cuenca alta y media del río Malacatoya se localiza en la región central de Nicaragua o de la provincia fisiográfica llamada "Tierras Altas del Interior", se ubica en las subprovincias: Mesas de Matagalpa, Tierras Altas de Cumaica, Pie de Monte de Juigalpa, y Pie de Monte del Oeste. Dicha cuenca tiene como límite inferior la presa Las Canoas, la cual es receptora de todas las aguas de escorrentía que bajan a través de su red de drenaje desde la presa mencionada y siguiendo la divisoria de aguas que tiene forma irregular, se encuentran los siguientes cerros: El Nancital, Fila El Caracol, Cerro Polo, San Bartolo, La Barbona, San Francisco, El

permitan un ordenamiento del aprovechamiento del recurso forestal (IRENA, 1986).

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar de manera preliminar el comportamiento físico-químico de las aguas de este embalse.

MATERIALES Y METODOS

TECNICAS DE MUESTREO

Muestras de aguas superficiales y de fondo fueron colectadas mensualmente (marzo-septiembre) con un hidrocaptador Malchanov en siete estaciones de muestreo (fig. 2). Las muestras fueron transportadas al laboratorio en frascos de polietileno y de vidrio para su posterior análisis.

TECNICAS ANALITICAS

Las técnicas analíticas empleadas y el origen de sus referencias son mostradas en la tab. #2.

RESULTADOS Y DISCUSION

TEMPERATURA Y OXIGENO DISUELTO

La distribución vertical de la temperatura mostró un comportamiento homogéneo en las estaciones E-0; E-1, E-2 y E-3; no así en las

estaciones E-4 y E-5 (fig. 3), las cuales mostraron ligeras estratificaciones, siendo la mayor la E-5 en el mes de septiembre, la cual mostró diferencias hasta de 3.8 °C de la superficie al fondo. Este comportamiento en las estaciones E-4 y E-5 puede atribuirse a diferentes factores, tales como: la hora en que fueron recolectadas las muestras (los muestreos fueron iniciados entre las 8:30 y 9:00 y concluidos cerca de las 13:00 horas aproximadamente, siendo las estaciones E-4 y E-5 las últimas en ser muestreadas); otro factor es la profundidad de estos puntos, la cual es mayor al resto de estaciones y en los cuales la radiación solar no tiene una fuerte penetración.

La distribución estacional de la temperatura mostró ligeras estratificaciones en los dos últimos meses, éstas pudieron estar asociadas a los períodos de poco viento.

Al igual que la temperatura, el oxígeno disuelto mostró una distribución vertical muy homogénea en las estaciones E-0, E-1, E-2 y E-3, presentando en la mayoría de éstas valores superiores a 4.0 mg.l⁻¹ de oxígeno disuelto en el fondo. En las estaciones E-4 y E-5 se presentaron ligeras disminuciones ligadas a las profundidades y períodos de poco viento. Es importante señalar que la columna de agua durante los siete meses de muestreo no mostró signos de anoxia en todo el cuerpo de agua, lo que nos demuestra una maduración o estabilización de este ecosistema, debido a que en los primeros años después de la inundación se presenta un gran déficit de oxígeno producto de la gran cantidad de material vegetal que queda atrapado debajo del agua. Según LOWE-McCONNELL, 1973, algunos embalses pueden llegar a alcanzar su maduración después de

unos tres o cuatro años, pero la reactivación trófica puede tomar hasta seis años, y para algunos un período de más de veinte años. Considerando que han transcurrido diez años después de la inundación y tomando en cuenta la pobre vegetación de la zona al momento de la inundación y el comportamiento del oxígeno mostrado a lo largo de los meses de muestreo, es de suponer que el embalse Las Canoas ya ha alcanzado su maduración.

TRANSPARENCIA

La transparencia presentó una distribución horizontal no homogénea, ésta mostró un aumento entre las estaciones E-0 y E-5, esta última ubicada frente al dique, no así para los meses de agosto y septiembre donde los valores se mantuvieron constantes y además mostraron un aumento considerable en relación a los otros meses debido al poco viento que se detectó en esos días de muestreo.

Los bajos valores de transparencia en gran medida son producto de la materia en suspensión, principalmente derivada de los aportes de sedimento provenientes de la cuenca hidrográfica. Este sedimento permanece en suspensión por largos períodos debido al carácter polimíctico del embalse, éstos se componen principalmente de arcilla. Muestras tomadas desde septiembre de 1985 hasta los primeros meses de 1986, permitieron determinar materiales en suspensión en cantidades que varían entre 0.04 kg.m^{-3} y 0.49 kg.m^{-3} . Para noviembre de 1985 mediciones efectuadas sobre el río Malacatoya a la altura de Teustepe y durante una fuerte precipitación pluvial se determinó la cantidad de 1.76 kg.m^{-3} ,

teniendo el río en ese momento un caudal de 240 m³.s, estimándose una carga de 36.45 ton./día. Esta cantidad no tomó en cuenta los aportes de sedimentos de una amplia área del territorio de la cuenca.

Hasta 1986 un 30% de la cuenca presentaba una erosión hídrica clasificada de moderada a fuerte, y un 41% de los niveles de utilización de los recursos naturales sobrepasan las potencialidades de su dotación, por lo que tales recursos se encontraban fuertemente degradados (IRENA, 1986).

Según DUSSART, 1966, las partículas de sedimentos que llegan al agua provocan un índice de color y turbiedad que disminuye la transparencia dificultando o impidiendo la penetración de luz necesaria para las reacciones fotosintéticas del fitoplancton. Este fenómeno es un factor de selección para los seres acuáticos (BARTSCH, 1959), de lo anterior se deduce que la baja transparencia del embalse Las Canoas provocada principalmente por la introducción de sedimentos está afectando la producción primaria del ecosistema (MEJIA, 1992).

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y SOLIDOS TOTALES DISUELTOS

La conductividad eléctrica para las estaciones E-0 hasta E-5 alcanzó un valor promedio de 248.00 $\mu\text{mhos.cm}^{-1} \pm 43.12$ (rango 161.00 - 423 $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$). La distribución vertical mostró un perfil homogéneo en todas las estaciones de muestreo, y en relación a la estacionalidad, ésta mostró un valor promedio alto en los meses secos de 277.30 $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ y un valor medio de 237.30

$\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ durante la estación lluviosa, estos valores se explican debido a diferentes factores, tales como: el proceso de concentración de sales en los meses secos, producida por la alta evaporación del embalse (2100.00 mm anuales), la cual duplica la precipitación pluvial anual que es de 1087.00 mm; la baja del caudal de río Malacatoya durante la estación seca y como último factor muy importante que influyó en estos valores de conductividad es el ciclo hiperanual de llenado y vaciado del embalse. Hasta septiembre de 1992 el embalse no había rebosado en los dos últimos años, siendo la última vez en noviembre de 1990, esto influyó en la concentración de las sales disueltas.

El embalse promedió valores de sólidos totales disueltos de $190.00 \text{ mg.l}^{-1} \pm 27.30$ (rango 129.70 - 268.50 mg.l^{-1}).

pH, HCO_3^- - CO_3 Y ALCALINIDAD TOTAL

El pH mostró un valor promedio de 7.81 ± 0.26 (rango 7.16 - 8.14). Tanto los perfiles verticales como horizontales mostraron gran homogeneidad. En todas las estaciones los valores encontrados son producto de los altos valores de bicarbonato $101.27 \text{ mg.l}^{-1} \pm 16.3$ (rango 62.8 - 156.2 mg.l^{-1}) (Tab. 3). Según GOLTERMAN, 1975, los iones de bicarbonatos juegan un papel importante en los embalses, ya que proveen la amortiguación que regula la concentración de iones hidrónios en el agua y el dióxido de carbono para la fotosíntesis. Las concentraciones de bicarbonato usualmente exceden al resto de aniones presente y son comúnmente dominados por el bicarbonato de calcio, aunque el bicarbonato de sodio y el

magnesio pueden alcanzar altas concentraciones particularmente en aguas tropicales.

La alcalinidad total mostró un valor promedio de 86.4 mg.l^{-1} (rango $56.49 - 128.0 \text{ mg.l}^{-1}$) y producto principalmente de los iones bicarbonatos, los carbonatos promediaron 1.94 mg.l^{-1} (rango $0.0 - 10.3 \text{ mg.l}^{-1}$).

CATIONES

Los patrones de distribución vertical de los principales cationes y aniones están en función principalmente de la profundidad del cuerpo de agua (ESTEVEZ, 1988). Debido a la poca profundidad y la polimixis mostrada por el ecosistema, la mayoría de estos iones mostraron una distribución vertical homogénea. El principal catión en el embalse Las Canoas es el calcio, éste mostró un valor promedio de $21.81 \text{ mg.l}^{-1} \pm 3.64$ (rango $12.70 - 33.60 \text{ mg.l}^{-1}$) y el magnesio promedió $5.68 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.21$ (rango $3.37 - 10.60 \text{ mg.l}^{-1}$). La presencia de estos dos iones en el embalse se debe fundamentalmente al tipo de suelos de la cuenca, el cual es de origen volcánico.

El sodio es el segundo catión en importancia, éste mostró un promedio de $20.40 \text{ mg.l}^{-1} \pm 2.87$ (rango $14.50 - 27.50 \text{ mg.l}^{-1}$), la presencia de éste en el ecosistema está influenciada por el aporte de las escorrentías superficiales y subterráneas.

El potasio en el embalse presentó un valor de $4.07 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.63$ (rango $2.60 - 6.30 \text{ mg.l}^{-1}$), su distribución vertical y espacial fue homogénea debido a su carácter conservativo (tab. #3).

La dureza del agua (expresada como CaCO_3) promedió un valor de $77.16 \text{ mg.l}^{-1} \pm 13.80$ (rango $45.60 - 131.30 \text{ mg.l}^{-1}$). De acuerdo a la clasificación de HEM, 1970, el agua del embalse Las Canoas es considerada moderadamente dura.

La hidroquímica del embalse Las Canoas, de acuerdo a los iones dominantes presenta características del tipo HCO_3^- -Ca-Na, también encontrado en la mayoría de las aguas subterráneas y superficiales de la cuenca de drenaje (HECHT, 1990).

Es importante señalar que debajo del dique del embalse brotan a una distancia de tres metros, cuatro manantiales que forman un estanque, éste desagua al río Malacatoya con un caudal de aproximadamente $0.18 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, lo que equivale a $15552.00 \text{ m}^3/\text{día}$. Hasta junio de 1990 indicaciones sobre el origen de los manantiales y del estanque no eran abordados en informes anteriores, pero es imaginable que los manantiales representan el drenaje natural del dique. Las aguas de estos manantiales muestran dos tipos hidroquímicos, éstos cambian de HCO_3^- -Ca-Na a HCO_3^- -Ca-Mg (HECHT, 1990). Durante los siete meses de muestreo a lo largo de las seis estaciones no pudimos observar ninguna anomalía hidroquímica producida por la actividad de estos manantiales, de lo cual podemos deducir que el afloramiento está focalizado y no afecta la composición hidroquímica del embalse.

ANIONES

El anión principal en el embalse es el HCO_3^- (abordado anteriormente).

El segundo en importancia es el Cl^- , el cual promedió un valor de $14.88 \text{ mg.l}^{-1} \pm 3.03$ (rango $10.90 - 31.88 \text{ mg.l}^{-1}$), ver tab, #3. Dada sus características de ión conservativo, su distribución vertical, espacial y estacional fue homogénea. Este ión en el embalse está influenciado por el escurrimiento superficial y subterráneo. HECHT, 1990, muestra valores promedio de 21.96 mg.l^{-1} y 8.35 mg.l^{-1} para las aguas superficiales y subterráneas respectivamente de la cuenca.

El ión SO_4^{2-} mostró un valor de $15.14 \text{ mg.l}^{-1} \pm 2.54$ (rango $11.40 - 21.60 \text{ mg.l}^{-1}$), siendo éstos valores bajos. WETZEL, 1983, reporta valores para aguas naturales de $5.00 - 30.00 \text{ mg.l}^{-1}$ con un valor promedio de 11.00 mg.l^{-1} . Las aguas superficiales que drenan de la cuenca del embalse Las Canoas contienen bajas concentraciones de SO_4^{2-} , éstas presentan un promedio de $8.78 \text{ mg.l}^{-1} \pm 9.30$ (rango $0.83 - 44.29 \text{ mg.l}^{-1}$; $n=46$). Para las aguas subterráneas predominó un valor de $11.04 \text{ mg.l}^{-1} \pm 38.00$ (rango $< 0.01 - 257.86 \text{ mg.l}^{-1}$; $n=46$) (HECHT, 1990). Al igual que las aguas superficiales, las subterráneas muestran valores bajos. El valor máximo de 257.86 mg.l^{-1} de las aguas subterráneas representa una excepción dentro del campo de pozos de la cuenca.

La distribución vertical del SO_4^{2-} mostró una gran homogeneidad debido a la presencia de oxígeno en toda la columna de agua, esto motivó la no aparición del gas sulfhídrico en todas las estaciones de muestreo del ecosistema.

HIERRO TOTAL

La concentración media del ión fue de $2.97 \text{ mg.l}^{-1} \pm 1.97$ (rango

1.04 - 11.95 mg.l⁻¹). La distribución vertical de Fe-Total en las seis estaciones del embalse mostró una ligera heterogeneidad, y las mayores concentraciones tendieron a encontrarse en el hipolimnio, ésto producto de las condiciones oxidantes que prevalecieron a lo largo de los siete meses de muestreo. En algunas, éstas presentaron concentraciones un poco más altas en el epilimnio debido a la mezcla del ecosistema, la cual incorporó sedimentos hacia la columna de agua, y debido también al aporte del río Malacatoya, el cual presentó valores medios, superiores a los del embalse, siendo de 5.19 mg.l⁻¹ ± 8.60 (rango 1.11 - 20.60 mg.l⁻¹) para los tres meses muestreados.

Los gradientes de las concentraciones de Fe-Total observadas tanto a nivel del eje principal (E-3) como en los otros puntos del embalse, mostraron las mayores concentraciones en la cabecera del reservorio (E-0 y E-1) y las menores en los puntos E-4 y E-5; este gradiente fue influenciado por el aporte del río Malacatoya, la poca profundidad de las estaciones E-0, E-1 y E-2 y probablemente la acción de las macrófitas que se encuentran en la cabecera del embalse.

La distribución del Fe-Total en el ecosistema presentó una marcada estacionalidad en función del régimen pluviométrico, la estación seca mostró valores de 2.45 mg.l⁻¹ ± 0.80 (rango 1.49 - 4.85 mg.l⁻¹) y la estación lluviosa de 3.17 mg.l⁻¹ ± 2.21 (rango 1.04 - 11.95 mg.l⁻¹).

Algunos valores altos encontrados en la estación seca fueron producto de la acción del viento, el cual produjo una polimixis bien acentuada en el ecosistema. Según ESTEVES & BARDIERI, 1983 y

ESTAUFFER & AMSTRONG, 1986, demostraron que las macrófitas bombean Fe, Mn, Si y P a la columna de agua cuando éstos se encuentran en grandes cantidades en el sedimento.

SILICE REACTIVA (SiO₂)

En lagos tropicales la distribución vertical de Sílice parece estar más ligada a períodos de estratificación o destratificación que a las estaciones del año. Durante la homotermia puede ocurrir tanto una distribución homogénea en toda la columna de agua como una reducción de la concentración de Sílice en la parte superior (ESTEVEZ, 1988). La concentración media de SiO₂ fue de 36.0 mg.l⁻¹ ± 11.16 (rango 14.99 - 95.70 mg.l⁻¹), estas concentraciones son consideradas altas en relación a la media mundial reportada por WETZEL, 1983, la cual es de 13.00 mg.l⁻¹ de Sílice (SiO₂).

La distribución vertical de la Sílice mostró una gran homogeneidad a lo largo de todas las estaciones.

El gradiente de concentraciones de Sílice tanto a nivel del eje principal como a nivel de los puntos del embalse, mostró las mayores concentraciones en la cabeza del ecosistema, influenciado por el aporte de arcilla proveniente de la cuenca a través del río Malacatoya y a la polimixis del ecosistema. Este gradiente no lo podemos ligar a la presencia de las diatomeas (MEJIA, 1992) debido a la distribución espacial heterogénea, la cual no guarda ninguna relación con la presencia de Sílice, debido probablemente a la inhibición de las diatomeas por efecto de la poca penetración de luz producida por los sedimentos en suspensión, lo que origina un

escaso desarrollo de las poblaciones de algas, las cuales no pueden aprovechar al máximo la Sílice presente en el ecosistema.

DBO₅ Y DQO

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) promedió un valor de 3.40 mg.l⁻¹ ± 1.71 (rango 0.30 - 7.20 mg.l⁻¹), estos valores son considerados bajos. Las concentraciones más altas fueron encontradas en la cabecera del embalse debido al material alóctono proveniente de la cuenca a través del río y probablemente al aporte "Post Morti" de las macrófitas.

La demanda química de oxígeno (DQO) mostró un valor promedio de 34.33 mg.l⁻¹ ± 15.06 (rango 17.0 - 60.00 mg.l⁻¹), estos valores son esperados para ecosistemas con fuerte afluencia de material alóctono.

NUTRIENTES

La concentración media de fósforo total (PT) para las seis estaciones del embalse fue de 150.00 µg.l⁻¹ ± 50.00 (rango 90.00 - 320.00 µg.l⁻¹). La distribución vertical en las seis estaciones a lo largo de todo el período de muestreo fue heterogénea. Esta variable presentó una reducción gradual significativa de la cabeza del embalse hacia el dique (fig. 4), debido a las pocas profundidades mostradas por las estaciones de la cabeza, en las cuales por la acción del viento el fósforo es resuspendido del sedimento a la columna de agua, en contrario a las estaciones E-3

y E-5 donde se encuentran las mayores profundidades.

Con respecto a la distribución estacional el embalse mostró un ligero incremento en la estación lluviosa debido a la carga de fósforo aportada por las lluvias (fig. 4).

La concentración de ortofosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) para todo el embalse fue de $100.00 \mu\text{g.l}^{-1} \pm 20.00$ (rango $50.00 - 160.00 \mu\text{g.l}^{-1}$). Esta variable se presentó en un 66.6% en relación al fósforo total, disponiendo las algas de buenas cantidades para su metabolismo.

La distribución vertical y estacional es similar a la mostrada por el fósforo total (fig. 5). En relación a la distribución espacial ésta mostró los valores más bajos en las estaciones E-4 y E-5 (fig. 6) (MEJIA, 1992), los cuales registran una tendencia al aumento de la biomasa en estas mismas estaciones, debido a las mejores condiciones de luz, estas mejores condiciones pudieran generar un mayor consumo de ortofosfato.

La concentración media de nitrato (NO_3^-) fue de $0.38 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.41$ (rango $0.04 - 1.96 \text{ mg.l}^{-1}$). La distribución vertical, espacial y estacional fue heterogénea.

Los nitritos (NO_2^-) mostraron una concentración media de $0.07 \text{ mg.l}^{-1} \pm 0.09$ (rango $0.01 - 0.34 \text{ mg.l}^{-1}$), éstos son considerados bajos debido a las condiciones oxidantes del ecosistema.

INDICE DE ESTADO TROFICO (IET)

Para la aplicación del índice de estado trófico (IET) fue aplicado el método de SALAS & MARTINO, 1990, el cual se basa en la distribución de probabilidad del nivel trófico de lagos cálidos

tropicales basado en fósforo total y clorofila "a" (adaptado de VOLLENWEIDER & KEREKES, 1981, con datos de lagos cálidos tropicales). Para la aplicación del IET no se tomaron en cuenta los valores del disco Secchi, ya que en el embalse estos valores no son representativos del estado trófico, por lo que la transparencia de las aguas está relacionada con la turbidez abiótica (presencia de arcilla) y no a la alta densidad de organismos planctónicos (MEJIA, 1992).

De acuerdo al IET, basado en la distribución de probabilidad, el nivel trófico basado en la producción de clorofila "a" (fig. 6) (MEJIA, 1992), el embalse Las Canoas se clasifica como : 64% mesotrófico, 22% oligotrófico y 14% eutrófico, y en relación al fósforo total (fig. 7) se clasifica como: 12% mesotrófico, 68% eutrófico y 20% hipertrófico.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la distribución vertical del oxígeno disuelto, la temperatura y algunos iones, el embalse Las Canoas puede ser clasificado como **polimíctico**.

La transparencia del agua es baja debido fundamentalmente al aporte de sedimentos (principalmente arcilla), y ésta probablemente está afectando de manera considerable la producción primaria en el ecosistema.

La conductividad eléctrica es relativamente baja.

El agua del embalse es ligeramente alcalina y **moderadamente dura** .

La hidroquímica del embalse Las Canoas de acuerdo a los iones dominantes presenta características del tipo HCO_3^- -Ca-Na, también encontrado en la mayoría de las aguas subterráneas y superficiales de la cuenca de drenaje.

La aplicación del índice de estado trófico (IET) basado en el fósforo total clasifica al embalse en 12% mesotrófico, 68% eutrófico y 20% hipertrófico, y en relación a la clorofila "a", éste se clasifica como: 64% mesotrófico, 22% oligotrófico y 14% eutrófico.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Dra. Aida Infante por sus comentarios, sugerencias y revisión del manuscrito.

También nuestro agradecimiento al Ing. Rodrigo Sánchez, funcionario del ingenio "VICTORIA DE JULIO" por la valiosa información brindada para la elaboración de este estudio.

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN RECURSOS ACUATICOS DE NICARAGUA.

(CIRA-UNAN)

DEPARTAMENTO DE HIDROQUIMICA

APARTADO POSTAL 4598 MANAGUA, NICARAGUA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANDRADE, L. F. 1986. Fitoplancton y Características Físico-Químicas del Reservorio de Itaipú, Paraná-Br. En

- Limnología y Manejo de Represas. Vol. 1. Tomo 1.
- 2.- BORTSH, A. F. 1959. "Setteable Solids, Turbidity and Light Penetration as Factors Affecting Water Quality". Trans. Sect. Seminar of Biological problems in water Pollution. Cincinnati, Ohio, Robert Taft Center, pp 1-10.
 - 3.- DUSSART, B. 1966. Limnologie, L'étude des Eux Continentales, 1^a ed., Paris, Gauthier-Villais.
 - 4.- ESTEVES, F. A. 1988. Fundamentos de Limnología. FJNEP, Brasil.
 - 5.- ESTEVES, F. A., BARBIERI, R. 1983. Dry Weight and Chemical Changes During Descompositions of Tropical Macrophytes in Lobo Reservoir-Sao Paulo, Brasil. Aquatic Botany, 16: 285-295.
 - 6.- GOLTERMAN, H. L. 1975. Physiological Limnology. Elsevier Scientific Publishing Co., New York, 489 pp.
 - 7.- HECHT, G. 1990. Estudio de la Calidad Química de las Aguas de Riego del ingenio "Victoria de Julio" (Timal). INETER. Departamento de Hidrobiología.
 - 8.- HEM, J. D. 1970. "Estudy and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water" U. S. Geol. Surv.
 - 9.- IRENA, 1986. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta y Media del Río Malacatoya. Vol. 1.
 - 10.- LOWE-McCONNELL, R. H. (Ed.) (1976). Man-Made Lakes, (Symposia of the Institute of Biology No. 15). Academic Press, London & New xii + 218 pp. illustr.
 - 11.- MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y REFORMA AGRARIA. 1983. Estudio de Factivilidad: Presa Las Canoas, Río

**TABLA #1 CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS, CLIMATICAS E
HIDROECONOMICAS DEL EMBALSE "LAS CANOAS"**

LATITUD NORTE	12° 21'
LONGITUD OESTE	85° 56'
PRECIPITACION ANUAL	1087.0 mm
EVAPORACION ANUAL	2100.0 mm
LONGITUD DEL DIQUE	860.0 m
ALTURA MAXIMA DEL DIQUE	45.0 m
CARGA HIDRAULICA CON EL N.A.N.	39.0 m
ANCHO DE LA CORONA	10.0 m
PROFUNDIDAD DEL DENTELLON	22.0 m
NIVEL DE AGUAS MUERTAS	96.0 m
NIVEL DE AGUAS NORMALES (N.A.N.)	119.0 m
NIVEL DE AGUAS MAXIMAS (N.A.M.)	123.5 m
VOLUMEN TOTAL	135.0 MMC
VOLUMEN UTIL	119.0 MMC
ENTREGA BRUTA	114.0 MMC
ENTREGA NETA	100.0 MMC
AREA INUNDADA CON EL N.A.N.	12.8 Km ²

TABLA #2 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 ₃)	AZUL INDOFENOL	(2) PAGINA 139
NITROGENO (NO ₃)	REDUCCION DE CADMIO (MODIFICADO)	(3)
NITROGENO (NO ₂)	SULFANILAMIDA	(1) METODO #419
VALOR pH	POTENCIOMETRICO	MANUAL DEL EQUIPO
FOSFORO TOTAL Y TOTAL DISUELTO	DIGESTION H ₂ SO ₄ Y HNO ₃ 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.

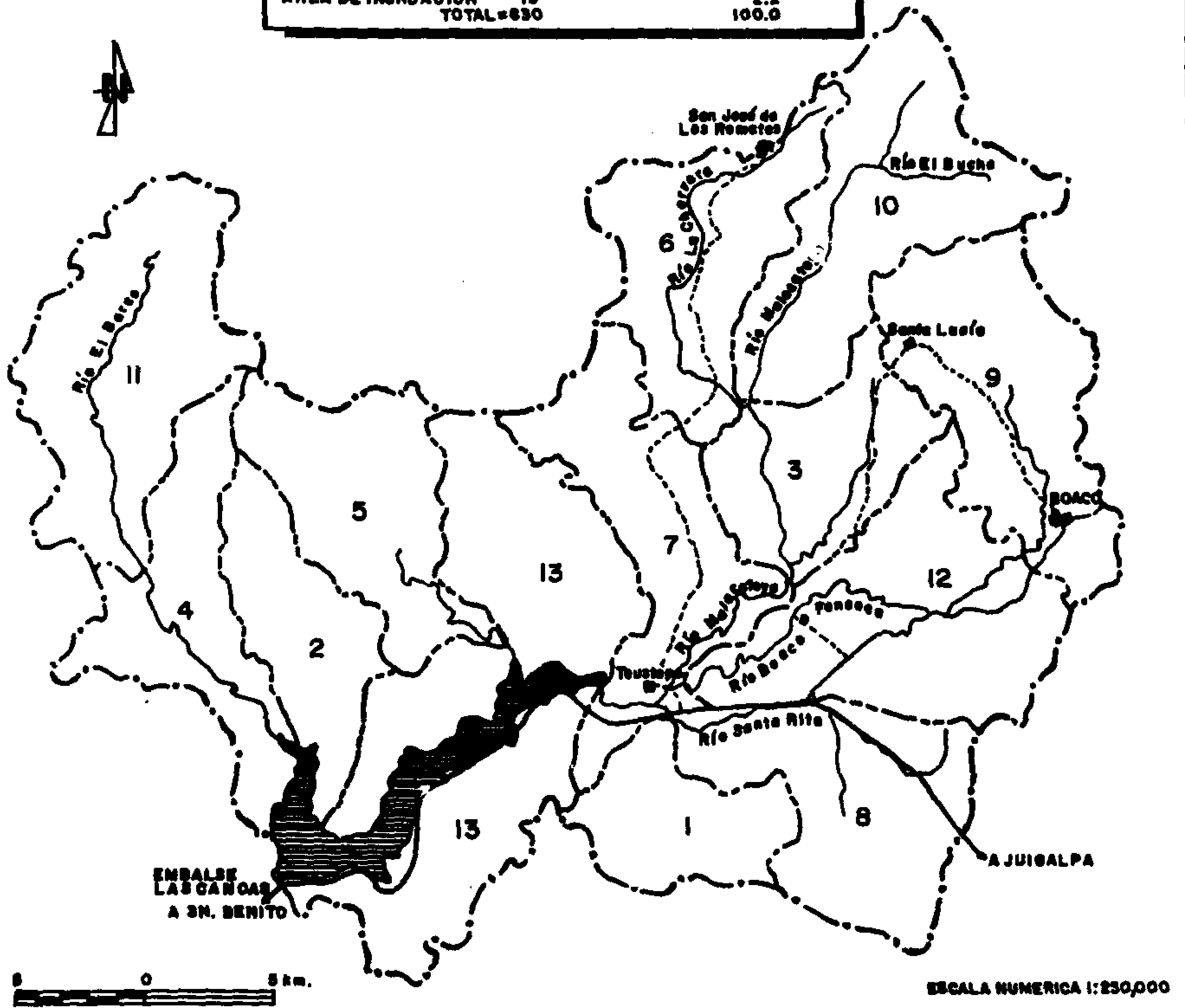
TABLA #3 PRINCIPALES IONES DE LAS AGUAS DEL EMBALSE LAS CANOAS
MARZO - SEPTIEMBRE 1992
MUESTRAS DE LA COLUMNA DE AGUA

ESTACIONES DE MUESTREO	CATIONES (mg/l)											
	Ca			Mg			Na			K		
	Min	Max	X	Min	Max	X	Min	Max	X	Min	Max	X
E-0	14.31	33.66	23.20	3.38	10.60	5.90	15.00	27.50	21.00	2.90	5.30	4.14
E-1	12.70	25.44	20.57	3.37	6.70	5.33	14.50	25.00	20.00	2.60	5.00	3.85
E-2	17.50	23.90	21.64	3.86	7.70	5.69	18.50	23.00	20.40	3.20	4.70	4.08
E-3	19.14	23.06	21.90	3.80	6.76	5.72	17.00	22.00	20.40	3.20	4.60	4.09
E-4	20.72	23.92	22.10	4.83	7.20	5.86	19.00	22.00	20.50	3.10	4.64	4.13
E-5	19.13	23.13	21.50	4.80	6.70	5.60	14.50	22.00	20.10	3.20	4.60	4.17
TOTAL	12.70	33.66	21.81	3.37	10.60	5.68	14.50	27.50	20.40	2.60	5.30	4.07

ESTACIONES DE MUESTREO	ANIONES (mg/l)											
	HCO ₃			CO ₃			Cl			SO ₄		
	Min	Max	X	Min	Max	X	Min	Max	X	Min	Max	X
E-0	73.37	156.17	105.76	0.00	5.31	0.81	12.80	31.38	17.40	12.08	20.20	17.08
E-1	69.24	122.77	98.53	0.00	5.31	1.15	10.94	16.91	14.29	11.40	21.50	16.03
E-2	75.20	114.91	98.61	0.00	10.29	2.79	11.78	17.86	14.73	12.10	18.60	15.35
E-3	79.96	115.98	99.64	0.00	8.42	2.58	11.78	16.87	14.86	12.10	17.50	14.56
E-4	84.72	122.22	102.98	0.00	7.72	2.10	11.76	15.65	14.08	11.50	17.50	13.98
E-5	62.82	116.85	102.07	0.00	7.48	2.24	12.74	15.65	13.96	11.80	17.60	13.84
TOTAL	62.82	156.17	101.27	0.00	10.29	1.94	10.94	31.38	14.88	11.40	21.60	15.14

Fig. 1
CUENCA HIDROGRAFICA, EMBALSE "LAS CANOAS"

SUBCUENCAS		
NUMERO	EXTENSION Km ²	PARTICIPACION EN EL TOTAL (%)
1	34	4.0
2	38	4.6
3	44	5.3
4	33	4.4
5	33	4.4
6	33	4.4
7	59	7.1
8	64	7.7
9	70	8.4
10	76	9.2
11	77	9.3
12	79	9.4
13	111	13.4
AREA DE INUNDACION	13	2.2
TOTAL=630		100.0



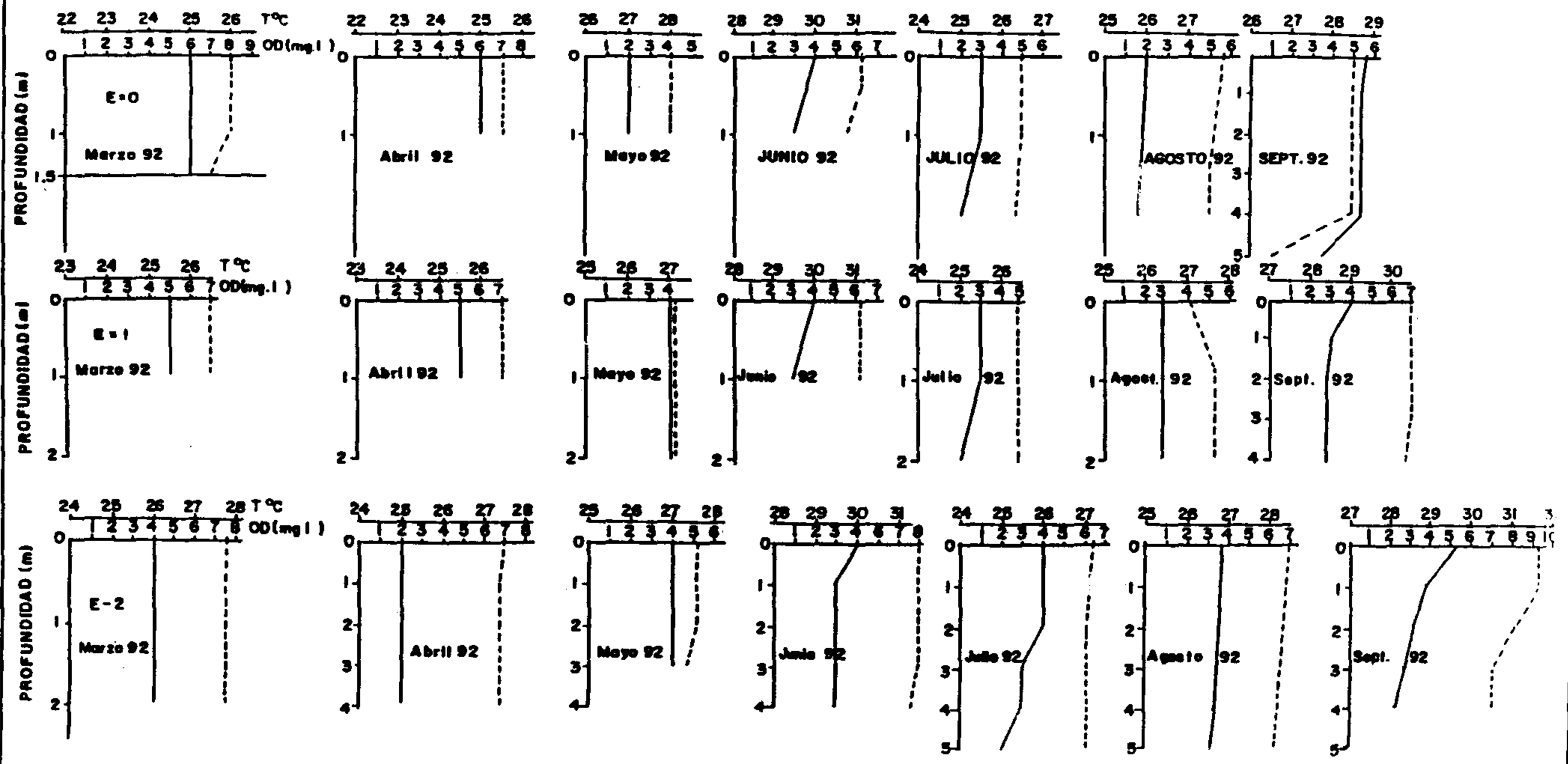
FUENTE:
 INSTITUTO NICARAGUENSE DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
 DEPARTAMENTO DE MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS
 ESTUDIO DE LA CUENCA ALTA Y MEDIA DEL RIO MALACATOYA

Fig. 2 ESTACIONES DE MUESTREO EMBALSE LAS CANOAS



**Fig.3 PERFILES DE TEMPERATURA Y OXIGENO DISUELTO
EMBALSE "LAS CANOAS"**

—— 1°C
- - - - OD



**Fig.3(cont) PERFILES DE TEMPERATURA Y OXIGENO DISUELTO
EMBALSE "LAS CANOAS"**

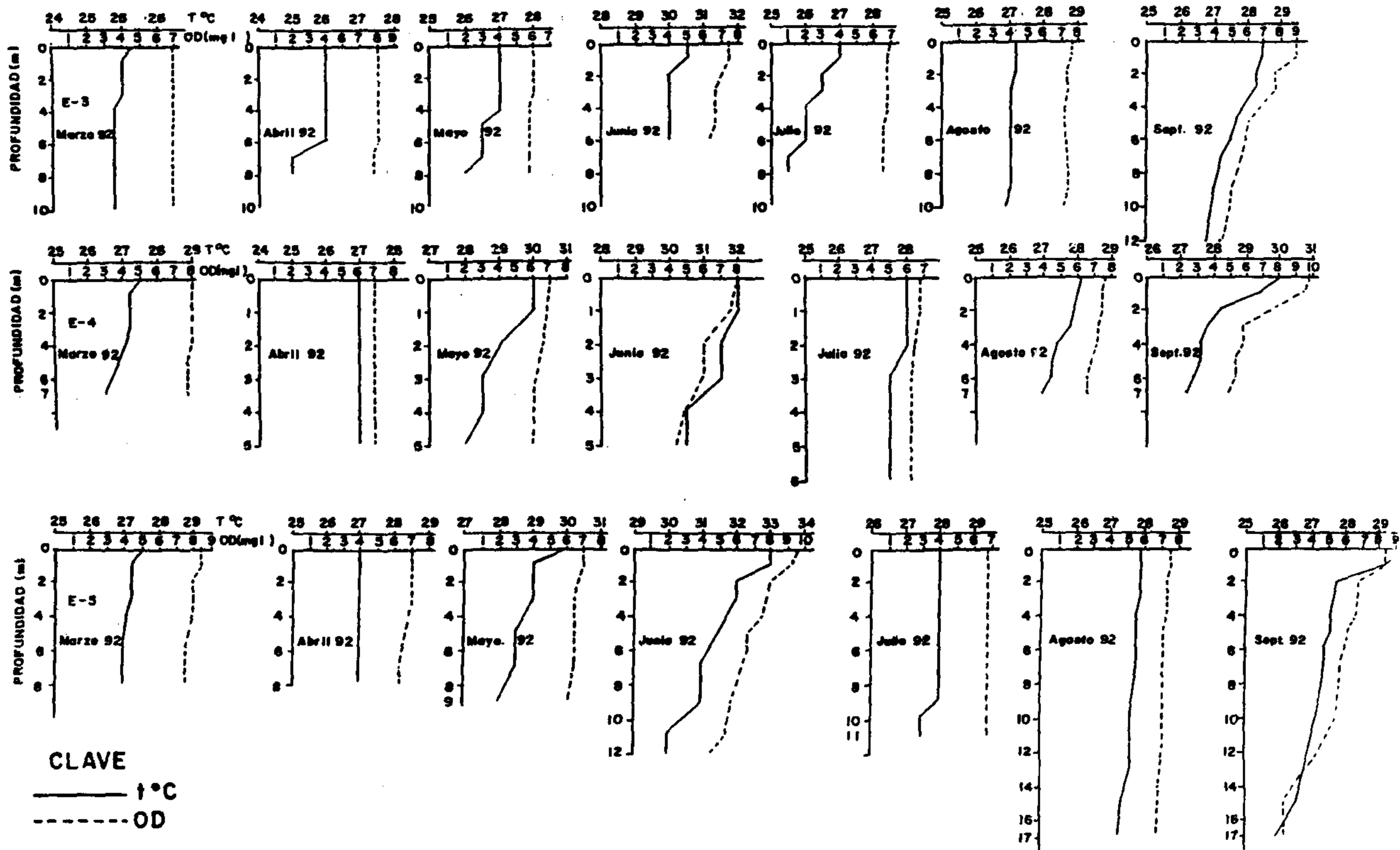
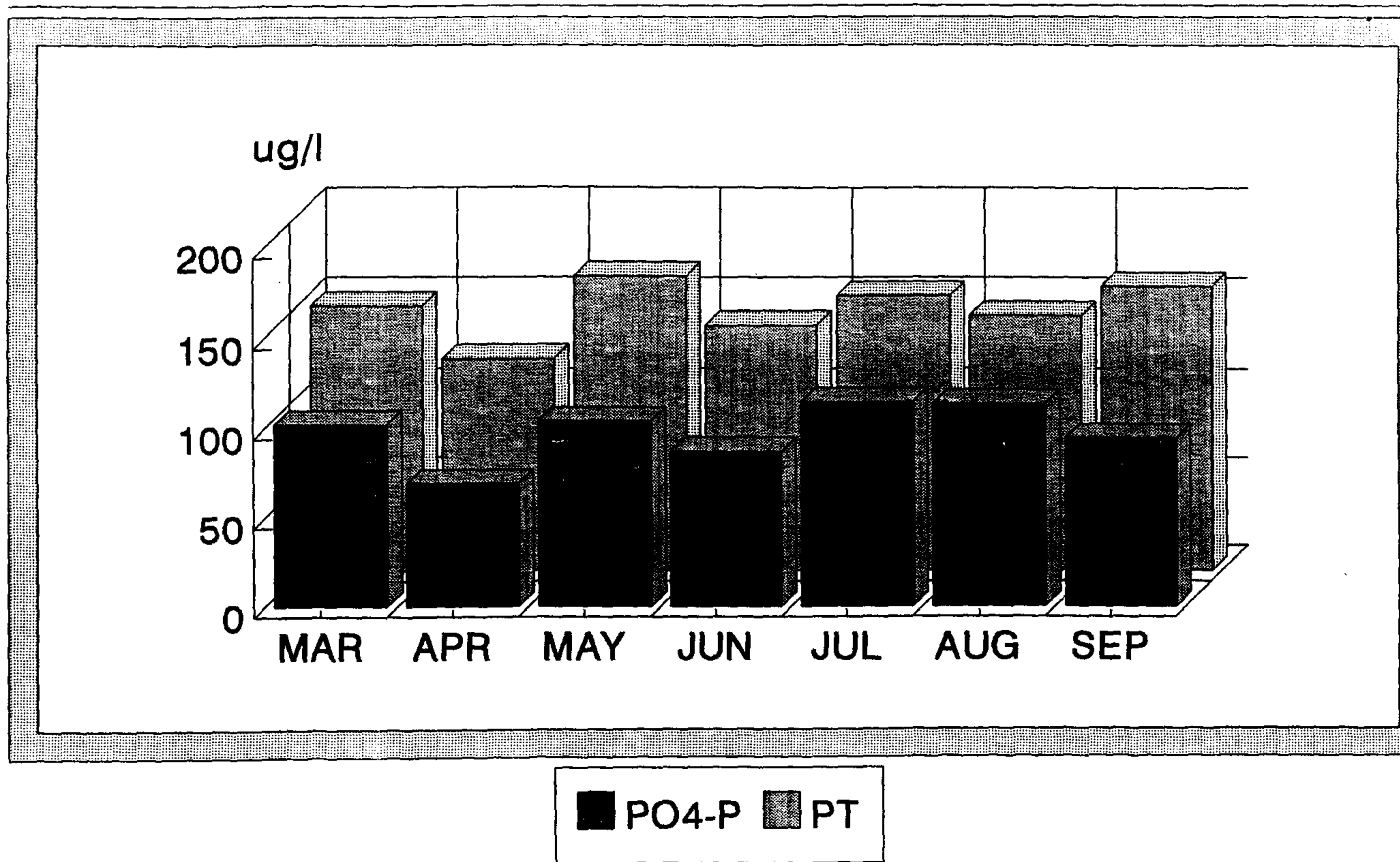
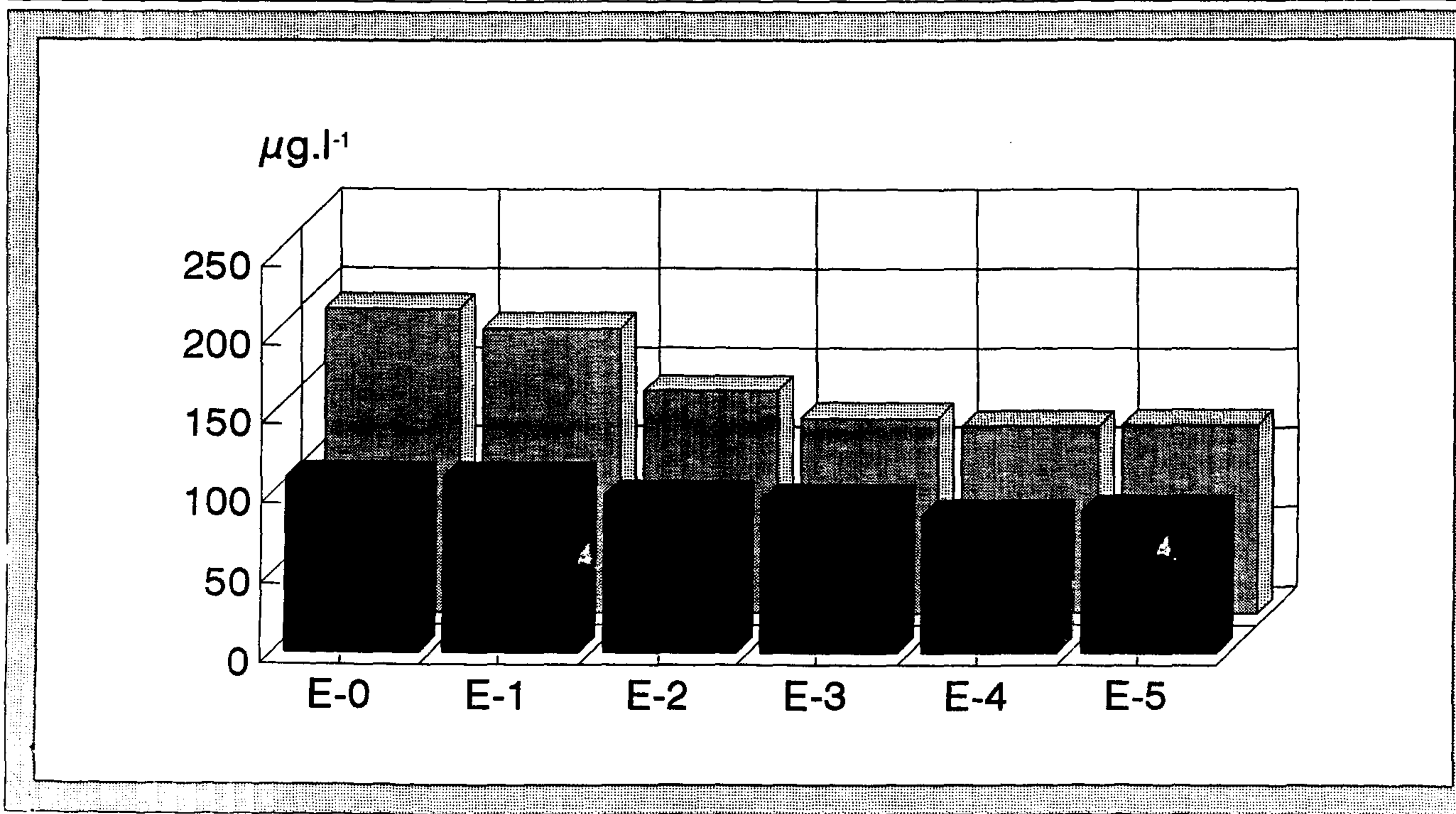


Fig. 4 EMBALSE LAS CANOAS
VALORES MEDIOS MENSUALES DE PT Y PO4-P



1992

Fig. 5 EMBALSE LAS CANOAS
VALORES MEDIOS DE PO4-P Y PT (DISTRIBUCION ESPACIAL)



■ PO4-P ▨ PT

MAR SEP 1992

**Fig. 6 DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DE NIVEL TROFICO
BASADO EN CLOROFILA "a" PARA EL EMBALSE
"LAS CANOAS"**

(ADAPTADO DE WOLLENWEIDER Y KEREKES 1981)

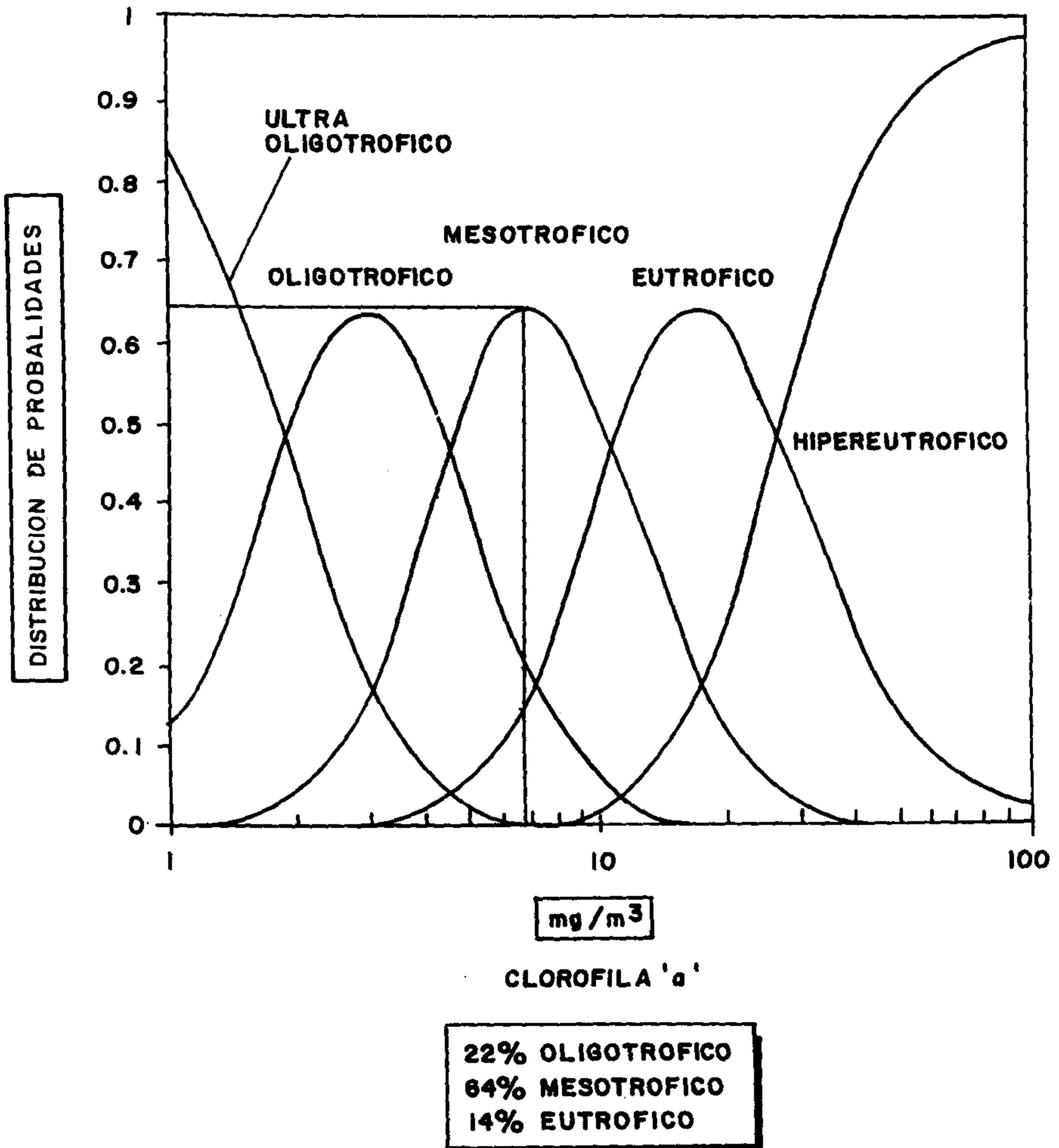


Fig. 7 DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DE NIVEL TROFICO BASADO EN FOSFORO TOTAL PARA EL EMBALSE "LAS CANOAS"

(ADAPTADO DE WOLLENWEIDER Y KEREEKES 1981)

