

CENTRO PARA LA INVESTIGACION DE RECURSOS
ACUATICOS DE NICARAGUA CIRA/UNAN

AUTORES

IVETTE LOPEZ SANBRANA Y SELVIA FLORES SANCHEZ

ESTUDIO FISICO QUIMICO DEL AGUA DE LA LAGUNA DE
TISCAPA

PRIMER CONGRESO CIENTIFICO DE LA UNAN/MANAGUA,
MAYO 13-17 1991

RESUMEN

La laguna de Tiscapa de origen volcánico ubicada en el Centro de la ciudad de Managua, presenta un carácter hidroquímico Bicarbonato – Sodio, siendo alimentada por el acuífero Las sierras que presenta el mismo carácter.

El estudio preliminar de sus aguas con carácter físico-químico determinó que hay diferencias significativas de acuerdo al análisis estadístico de "t" de student entre las estaciones seca y lluviosa para los cloruros, los sulfatos y pH.

Siendo los valores de cloruro mayores en la estación lluviosa ($12.122 \text{ mg. l}^{-1}$) que en la estación seca (9.964 mg. l^{-1}), los sulfatos también sufren aumento de concentración en la estación lluviosa (3.637 mg. l^{-1}) que en la estación seca (2.214 mg. l^{-1}). Ambos iones aumentan su concentración durante la época lluviosa por la influencia del cauce de Tiscapa sobre las aguas de la laguna.

El pH incrementa notablemente en la estación lluviosa de 8.28 a 7.41 que presenta en la estación seca, estando esto relacionado a la presencia de carbonatos y bicarbonatos.

Los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos resultaron estar por debajo de los valores admisibles por la OMS. El agua presenta calidad potable desde el punto de vista físico-químico, pero esto no toma en cuenta el carácter microbiológico, que sería una consideración.

INTRODUCCION

LOPEZ & SANCHEZ ...2

Los recursos acuáticos de la ciudad de Managua son muy grandes y dentro de ellos encontramos el Lago Xolotlán y las lagunas de origen volcánico Tiscapa, Asososca, Nejapa y Acahualinca.

Exceptuando Asososca los demás cuerpos de agua no reciben un adecuado uso y manejo de las aguas. La contaminación de ellos se debe principalmente al depósito de desechos industriales, aguas domésticas y aguas fluviales conducidas por los cauces. Uno de los depósitos de agua de la ciudad de Managua y con un privilegiada posición es la Laguna de Tiscapa ubicada al SE, con un diámetro de 400 m. NS y 470 m. OE y un volumen estimado de $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Su profundidad máxima es de 40 m. con una superficie sobre el nivel del mar de 51-57 m. y una superficie de 0.162 km^2 . (KRASNY 1988).

La laguna se origino por hundimiento o colapso de una explosión volcánica que cortó la parte más alta del volcán Tiscapa seguido por un movimiento brusco, dando lugar a la fosa de agua (Anónimo 1983).

En 1893 fue considerada como una fuente de agua por ECKMAN quien realizo el primer estudio de la laguna, recomendando la Laguna de Asososca y no la Tiscapa para uso potable por su alta concentración de algas. Muchos han recomendado la laguna de Tiscapa como una futura fuente de abastecimiento para Managua entre ellos HAZEN y SAWYER en 1964, Naciones Unidas en 1975. Tanto INETER en 1987 como PLATA en 1987 señalaron la posibilidad de recuperar la laguna a pesar de la contaminación bacteriológica y orgánica (KRASNY 1978). HECHT (1988) clasifico el tipo hidroquímico de las aguas de la Laguna .

Previa a ser utilizada el agua de la laguna para cualquier propósito, ya sea para abastecimiento de agua potable o cultivo de peces o para recreación, se hace necesario hacer un control de la calidad y determinar el grado de contaminación, ya sea físico químicos o bacteriológico no reporta el tipo de muestreo realizado y los parámetros físico químicos determinados por los autores antes citados; 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 preliminar desde el punto de vista físico químico para así de esta manera iniciar un estudio sistemático y exhaustivo de este cuerpo de agua.

MATERIALES Y METODOS

Todas las muestras de agua de la Laguna de Tiscapa para realizar el estudio físico – químico fueron recolectadas de aguas superficiales (0 m. profundidad) del centro de la laguna por considerarse representativo del cuerpo de agua y aproximadamente a la misma hora del día (10 hrs.). Las muestras se tomaron en el período de Noviembre 1989 a Octubre 1990, con lo que cubre tanto la estación seca como la lluviosa.

Al recolectar las muestras se utilizó un captor Van Born. 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 la determinación por Fotometría de llamas, Turbidimetría, Colorimetría y Volumetría, exceptuando muestras para DQO y Oxígeno Disuelto.

Las muestras para la determinación de DBO se recolectó en botellas de polietileno a refrigeración inmediatamente después de recolectadas, mientras que la muestra para DQO y Oxígeno Disuelto se recolectaron en botellas de vidrios con tapones esmerilados preservándose las primeras con ácido sulfúrico al 95% y las segundas con una mezcla cristalina de sulfato de magnesio, ácido, y nitrato de sodio.

El pH, la conductividad y la turbidez se realizaron al momento de ingresar las muestras al laboratorio.

Los métodos utilizados para realizar las determinaciones son los descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (17 edición) que se presenta en la tabla 1. Se determinó el balance iónico de los macro-constituyentes para determinar el porcentaje de error con que fueron analizadas las muestras. Valores por debajo del 5% son considerados excelentes y fue calculado por la ecuación siguiente (FEENSTRA 1990):

$$\text{Balance Iónico} = \frac{\sum \text{mg.l}^{-1} \text{ cationes} - \sum \text{mg.l}^{-1} \text{ aniones}}{\sum \text{mg.l}^{-1} \text{ Total de iones}} \times 100$$

Todos los valores físico-químicos de la estación seca se compararon con los de la estación lluviosa por análisis estadísticos "t" de Student,

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se han dividido en dos tipos: Variables físicas y Variables químicas.

Las variables físicas determinadas fueron: temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y turbidez.

Los valores mensuales de la estación seca (Noviembre 1989 – Abril 1990) y de la estación lluviosa (Mayo 1990-Octubre 1990) se presentan en la tabla 2.

Los valores de temperaturas durante la estación seca oscilan entre 27°C y 28°C mientras que para la estación lluviosa los valores varían de 29.4 a 31.8°C, observándose una temperatura mayor durante la estación lluviosa, la razón de este comportamiento se debe a la alta evaporación durante la estación seca. Las aguas superficiales pierden calor por el efecto de enfriamiento del aire (MARGALEF 1983)

Los resultados de la conductividad eléctrica para la estación seca oscilan entre 197 -229 Micromhos. Cm^{-1} y para la estación lluviosa de 194 – 226 Micromhos. Cm^{-1} . No hay diferencia significativa entre ambas estaciones al someterlas al análisis estadístico.

Los sólidos totales disueltos presentaron valores promedios por estación seca y lluviosa de 167.953 mg, l^{-1} y 166.949 mg, l^{-1} respectivamente. Las concentraciones de sólidos totales disueltos se mantuvo constante durante todo el período anual.

Aguas con valores bajos de conductividad y sólidos totales disueltos son clasificados como aguas de baja salinidad según U.S. salinity Laboratory Staff. Es tanto BRUVOLD (1967) clasifica aguas de excelentes sabor a aquellas que presentan un valor de 300 mg, l^{-1} de sólidos totales disueltos, y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (1985) de un valor guía de 100 mg, l^{-1} para aguas potables.

La turbidez es relativamente baja observando dos valores extremos de 6.8 NTU correspondiente a Diciembre 1989 y 13.3 NTU para Julio 1990. Este último valor se debe a la cantidad de sedimento conducidos por el cauce Tiscapa. Los valores promedios para las estaciones seca y lluviosa fueron de 2.0 NTU y 3.4 NTU respectivamente. El incremento de la turbidez en la estación lluviosa se debe a la presencia de sedimentos arrastrados por el cauce Tiscapa. El análisis estadístico no arrojó diferencias significativas entre ambas estaciones.

Los resultados de los parámetros químicos determinados en las aguas de la Laguna de Tiscapa se resumen en la Tabla 3.

DUREZA

Los valores promedios dureza expresados en mg, l^{-1} carbonato de calcio para la estación seca y la estación lluviosa fueron 59.883 y 58.53 mg, l^{-1} respectivamente.

Ambas estaciones no presentan diferencias significativas al realizarse el análisis estadístico. El agua de la Laguna de Tiscapa está clasificada como agua blanda (HEMD 1970) y se encuentra por debajo de los valores permisibles por la OMS (1984) de 60 mg, l^{-1} (Ver Figura. 1)

Según la gráfica, la dureza varía de mes a mes tanto en la estación seca como en la lluviosa observándose incremento así como descenso.

CALCIO Y MAGNECIO

Los cationes calcio y magnesio no presentaron diferencia significativa ante el análisis estadístico. Los valores promedio de calcio y magnesio fueron 16.772 mg, l^{-1} y 4.0005 mg, l^{-1} respectivamente para la estación seca y 16.239 y 4.338 mg, l^{-1} respectivamente para la estación lluviosa.

Las variables en las concentraciones de Calcio y Magnesio son relativamente pequeñas. En ambas estaciones no se observa un cambio marcado en la concentración de ambos cationes con relación a los meses respectivos (ver. Fig. 1).

SODIO Y POTACIO

El principal catión dentro del agua de la Laguna es el sodio y sus valores promedios durante la estación seca y la estación lluviosa fueron de 17.9 mg, l^{-1} y 19.2 mg, l^{-1} respectivamente. El potasio presentó valores promedios para las estaciones seca y lluviosa de 8.83 mg, l^{-1} y 8.96.2 mg, l^{-1} respectivamente. El análisis estadístico para ambos cationes no presentó diferencias significativas. La concentración media de sodio que aportó el cauce Tiscapa durante la época lluviosa fue de 17.6 mg, l^{-1} y la de potasio de 7.8 mg, l^{-1} (CIRA 1990), observándose así un equilibrio entre la concentración aportada y la existente en el cuerpo de agua.

El sodio, encontrado como catión predominante en el presente estudio, coincide con la caracterización hidroquímica hecha por HECHT 1990. Las concentraciones de calcio, magnesio, sodio y potasio no presentaron incremento entre una estación y la otra, reafirmando el comportamiento típico de iones conservativos (WETZEL 1983). (Ver figura. 2).

HIERRO

Para el hierro se encontraron valores promedios para la estación seca y la estación lluviosa de 0.408 mg, l⁻¹ y 0.206 mg, l⁻¹ respectivamente. El análisis estadístico no presentó diferencias significativas entre estaciones.

El valor máximo correspondió a Enero. La concentración de hierro permanece prácticamente constante con excepción de los meses de Enero y Septiembre en los cuales presenta concentraciones relativamente altas (ver figura 6).

CLORUROS

Las medias de valores para el ión cloruro en las estaciones seca y lluviosas fueron de 9.964 y 12.122 mg, l⁻¹ respectivamente. El incremento de la presencia del ión cloruro durante la estación lluviosa se debe al aporte de las aguas pluviales y servidas conducidas por el cauce de Tiscapa con un valor promedio de 11.259 mg, l⁻¹ durante los meses Agosto – Noviembre 1990 (ALTAMIRANO, CACERES EN PRENSA). Aguas no contaminadas suelen tener niveles de cloruro por debajo de 10 mg, l⁻¹ (OMS 1988). (ver figura 2).

Durante los meses de septiembre a octubre se observa una tendencia de incremento en la concentración de cloruros aunque para los meses de Marzo y Abril se observó disminuciones relativas en la concentración del anión.

NITRATOS Y NITRITOS

Al realizar las determinaciones de nitrato solamente se obtuvo un valor mayor a la concentración límite detectable por el método, cuyo valor fue de 0.974 mg, l⁻¹ para Agosto 1990. Mientras que los nitritos se encontraron por debajo del límite detectable durante todo el período anual.

SULFATOS

El análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre las dos estaciones. La concentración promedio de sulfato determinada durante la estación seca arrojó un valor de 2.214 mg, l⁻¹ obteniéndose una buena reproductividad de dichos resultados, mientras que para la estación lluviosa los valores entre 1.768 mg, l⁻¹ y 5.121 mg, l⁻¹ observándose el mayor valor para el mes de agosto. El cauce Tiscapa aportó 14.685 mg, l⁻¹ durante el mes de agosto (ALTAMIRANO CACERES op. Cit).

El sulfato presenta la tendencia a decrecer la concentración en la estación seca (Noviembre – Mayo) y de Mayo a Octubre incrementa (ver fig. 2)

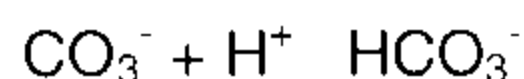
pH, BICARBONATOS, CARBONATOS Y ALCALINIDAD

Durante la estación seca el valor promedio del pH fue de 7.61 mientras que la estación lluviosa fue de 8.28, observándose un carácter alcalino en ambas estaciones con un ligero incremento durante la estación lluviosa, lo que esta en concordancia con el aumento de carbonatos de 6.633 mg, l⁻¹ durante la estación seca a 9.906 mg, l⁻¹ en la estación lluviosa. Al incremento de esta alcalinidad también contribuyen el descenso del valor promedio de bicarbonatos de 103.936 durante la estación seca a 91.890 mg, l⁻¹, siendo el bicarbonato el principal anión presente en las aguas de la laguna, lo cual es corroborado por SMITH 1955 Y GOLTERMAN 1971.

Según la figuras 3, 9 y 10 a pH bajos se observan las mayores concentraciones de calcio, dándose en los meses de Noviembre – Abril, mientras de Mayo a Agosto incrementa el valor de pH disminuyendo la concentración de calcio libre (ver figura 11).

La presencia de carbonatos es detectable solamente a pH alcalino (BOYD 1981). La concentración de carbonatos aumenta de la estación seca a la lluviosa para el mes de Agosto que la concentración de carbonatos no fue detectada.

Al aumentar el pH aumenta la concentración de carbonatos a expensas del bicarbonato (según el equilibrio carbonatos-bicarbonatos) por lo que se observa una ligera tendencia a disminuir la concentración de bicarbonatos al aumentar el pH (BOYD op cit.).



FOSFORO TOTAL

La presencia de fósforo en la estación seca y lluviosa es relativamente bajo siendo los valores promedios de 0.037 y 0.033 mg, l⁻¹ respectivamente. El análisis estadístico no determinó diferencias significativa (ver Figura. 4).

BORO

La presencia de boro durante la estación seca fue de 0.028 mg, l⁻¹ aumentándose en la estación lluviosa a 0.07 mg, l⁻¹ debido al aporte del cauce Tiscapa con un valor promedio de 0.076 mg, l⁻¹ en los meses de Agosto a Noviembre de 1990 (ALTAMIRANO CACERES op. Cit) . (ver figura 4).

FLUOR

Las aguas naturales contienen menos de un mg, l^{-1} de fluor (OMS 1988). Tiscapa presentó valores promedios de 0.238 mg, l^{-1} para la estación seca y 0.12 mg, l^{-1} para la estación lluviosa. No hubo regularidad en el comportamiento del fluor durante ambas estaciones (ver figura 5). El análisis estadístico no presentó diferencias significativas.

DBO Y DQO

Los valores promedios determinados de DBO para la estación seca y lluviosa fueron de 2.17 y 2.8 mg, l^{-1} respectivamente. Se pudo observar una disminución durante los meses de Febrero a Junio, alcanzando sus valores máximos en los meses de Enero y Julio (ver figura 7)., Mientras que los valores de DQO fueron 45.20 mg, l^{-1} para la estación seca y 35.7 mg, l^{-1} para la estación lluviosa. En los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero los valores permanecieron constantes, alcanzando en el mes de Marzo su máximo valor (ver figura 8). Para ambos parámetros someterlas al análisis estadístico.

OXIGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto presentó un valor promedio durante la estación seca de 4.1 mg, l^{-1} aumentando en la estación lluviosa a 6.0 mg, l^{-1} lo que indica una mayor oxigenación debido a la precipitación fluvial durante los meses de Mayo a Octubre (Ver figura 7). El análisis estadístico no presentó diferencias significativas.

CONCLUSIONES

Después de haber analizado e interpretado físico químicamente el agua de la laguna de Tiscapa podemos concluir lo siguiente:

De acuerdo a los iones que han prevalecido en el transcurso de este estudio, el carácter hidroquímico del agua de la Laguna de Tiscapa es Bicarbonato-Sodio identificándose así con el tipo hidroquímico del acuífero que lo alimenta y de la recarga superficial.

Sometida a un tratamiento, el agua de la Laguna presenta una alternativa como fuente de abastecimiento para el consumo humano, ya que, desde el punto de vista físico químico los valores detectados están muy por debajo de los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aguas potables. Consideramos que debido a su volumen sería poco rentable económicamente para uso potable.

Cabe señalar que debido a la posición geográfica de la Laguna dentro de la ciudad, alejada del sector industrial una contaminación de este tipo es casi nula.

RECOMENDACIONES

Considerando las posibilidades de un futuro aprovechamiento de la laguna como fuente de agua potable, ya que, estudios antecedentes demuestran la conexión hidráulica de la laguna con el acuífero Las Sierras (KRASNY 1988) y/o considerando en otra instancia un adecuado reacondicionamiento de este recurso como centro recreativo, la recuperación de la Laguna tal como :

- Frenar la contaminación superficial de la laguna mediante el desvío del cauce que no le provee de todo tipo de desecho, tanto durante la estación seca como la lluviosa, de continuar ese ritmo se corre el riesgo de crear un foco de enfermedades infecciones y de propagación rápida como el cólera entre otros.
- Ejercer un estricto control y vigilancia de parte de las autoridades competentes y ciudadanía en general para evitar el deterioro de la Laguna
- Una reforestación completa de la laguna para evitar la erosión y disminuir la evaporación.
- Llevar a cabo campañas masivas de educación sobre el uso y protección de nuestros recursos naturales.
- Exponer los diferentes puntos de vista basados en estudios realizados por los diferentes gremios profesionales para unificar criterios y poder dictaminar en conjunto, el uso y manejo adecuado del recurso natural.
- Llevar a cabo muestreos sistemáticos de los pozos que se encuentran en la cercanía de la laguna para establecer la relación entre el agua de los pozos y el agua de la Laguna.

REFERENCIA

- ALTAMIRANO, M. & R. CACERES 1991. Caracterización Físico-Química de los cauces que drenan al lago Xolotlán. Tesis Universidad Autónoma de Nicaragua - León (en prensa)
- ANONIMO 1983. Planificación de Cuencas Hidrográficas. IRENA. Departamento de Hidrología.
- APHA-AWWA-WPCF. 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17 th. Edition.
- BOYD, C. 1981. Water Quality in Warm Water fish ponds. Agricultural Experiment Station. Auburn University.
- CIRA. 1990. Caracterización físico-química del agua del cauce Tiscapa. Departamento de Química.
- FEENSTRAS 1990. Groundwater sampling and analysis. Waterloo Centre for Ground Water Research.
- HECHT, G. 1989. Apuntes sobre la Hidroquímica de Lagunas en la Región del Pacífico de Nicaragua. INETER.
- HECHT, G. 1990. Estudios Químicos de las Fuentes de Agua para el abastecimiento de Managua con especial consideración de los contenidos de Boro y Fenoles. INETER. Dirección de Estudios Básicos. Departamento de Hidrogeología.
- HEMD, J.D. 1970. Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural water. US Geol. Surv. Water Supply Paper 1473. Second Edition.
- KRASNY, N. Y A. LOPEZ 1988. Mas Agua para Managua...Pero de donde? INETER. Dirección General de Hidrometeorología y Suelos. Departamento de Hidrogeología.
- O.M.S. 1984. Guidelines For Drinking Water Quality. Vol. II. World Health Organization. Geneva.
- WETZEL, R. 1981: Limnología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.

Tabla 1. PARAMETROS Y METODOS DE ANALISIS

PARAMETROS	METODOS VOLUMETRICOS
CLORURO	Método Argentométrico con AgNO_3 0.014 N Cromato de Potasio como Indicador
DUREZA TOTAL	Método de Titulación con EDTA 0.01 N Buffer (NH_4OH) y NET como indicador.
CALCIO	Método de Titulación con EDTA 0.01 N NaOH y Murexida como indicador.
MAGNESIO	Por diferencia de dureza total - Ca^{2+}
ALCALINIDAD TOTAL	Método de Titulación con H_2SO_4 0.02 N Fenolftaleina e indicador mixto como indicadores.
O.D	Método de Winkler.
DBO	Método de modificación de la Azida con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025 N como titulante. Solución de almirón como indicador.
DQO	Método del refluo abierto con $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2$ $6\text{H}_2\text{O}$ 0.25 N como titulante. Solución de ferroína como indicador.
PARAMETROS	METODOS FOTOMETRICOS DE LLAMA
SODIO	Fotometría de llama 410 corning.
POTASIO	Fotometría de llama 410 corning.

PARAMETROS	MÉTODOS COLORIMÉTRICOS
HIERRO TOTAL	Método de la Orto-fenantrolina
FLUOR	Método del SPADNS
NITRATO	Método de la Brucina
NITRITO	Método de la 1 - Naftilamina
BORO	Método de la Curcumina
FOSFORO TOTAL	Método del Acido Ascórbico
SULFATO	Método Turbidimétrico con BaCl₂

TABLA 2 VALORES MENSUALES Y VALORES PROMEDIOS DE TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, SOLIDOS TOTALES DISUELTOS Y TURBIDEZ DE NOV 89 A OCT 90.

ESTACION SECA

VARIABLES	X	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
TEMP. °C	24.800	28.600	28.000	28.000	27.600	27.900	27.000
COND. Umhos	209.000	229.000	204.000	209.000	197.000	215.000	202.000
STD mg/l	167.953	167.303	170.997	170.273	170.242	157.819	170.583
TURB. UNT	2.000	2.800	1.800	0.900	0.600	0.500	0.600

ESTACION LLUVIOSA

VARIABLES	X	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT
TEMP. °C	30.500	30.000	30.000	29.400	31.200	30.600	31.800
COND. Umhos	212.000	218.000	226.000	212.000	201.000	222.000	194.000
STD mg/l	166.949	162.977	168.865	163.983	176.766	158.590	170.512
TURB. UNT	3.400	0.400	3.700	13.300	1.500	1.700	--

TABLA 3. VALORES PROMEDIOS Y DESVIACION STANDARD DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DETERMINADOS EN LA LAGUNA DE TISCAPA DE NOV. 89 A OCT. 90.

VARIABLES	ESTACION X (mg/l)	SECA Desv	ESTACION X (mg/l)	LLUVIOSA Desv
Dureza Total	59.883	5.003	58.530	4.270
Calcio	16.772	1.347	16.239	1.431
Magnesio	4.005	0.560	4.388	0.508
Sodio	17.900	0.800	19.200	1.200
Potasio	8.830	0.190	8.960	0.320
Cloruro	9.964	1.202	12.122	1.284
Hierro Total	0.408	0.692	0.206	0.185
Nitrato	< 0.5	0.000	0.160	0.370
Nitrito	< 0.05	0.000	< 0.05	0.000
Sulfato	2.214	0.455	3.637	1.142
Fósforo Total	0.037	0.020	0.035	0.032
Boro	0.028	0.044	0.070	0.030
Fluor	0.238	0.237	0.120	0.165

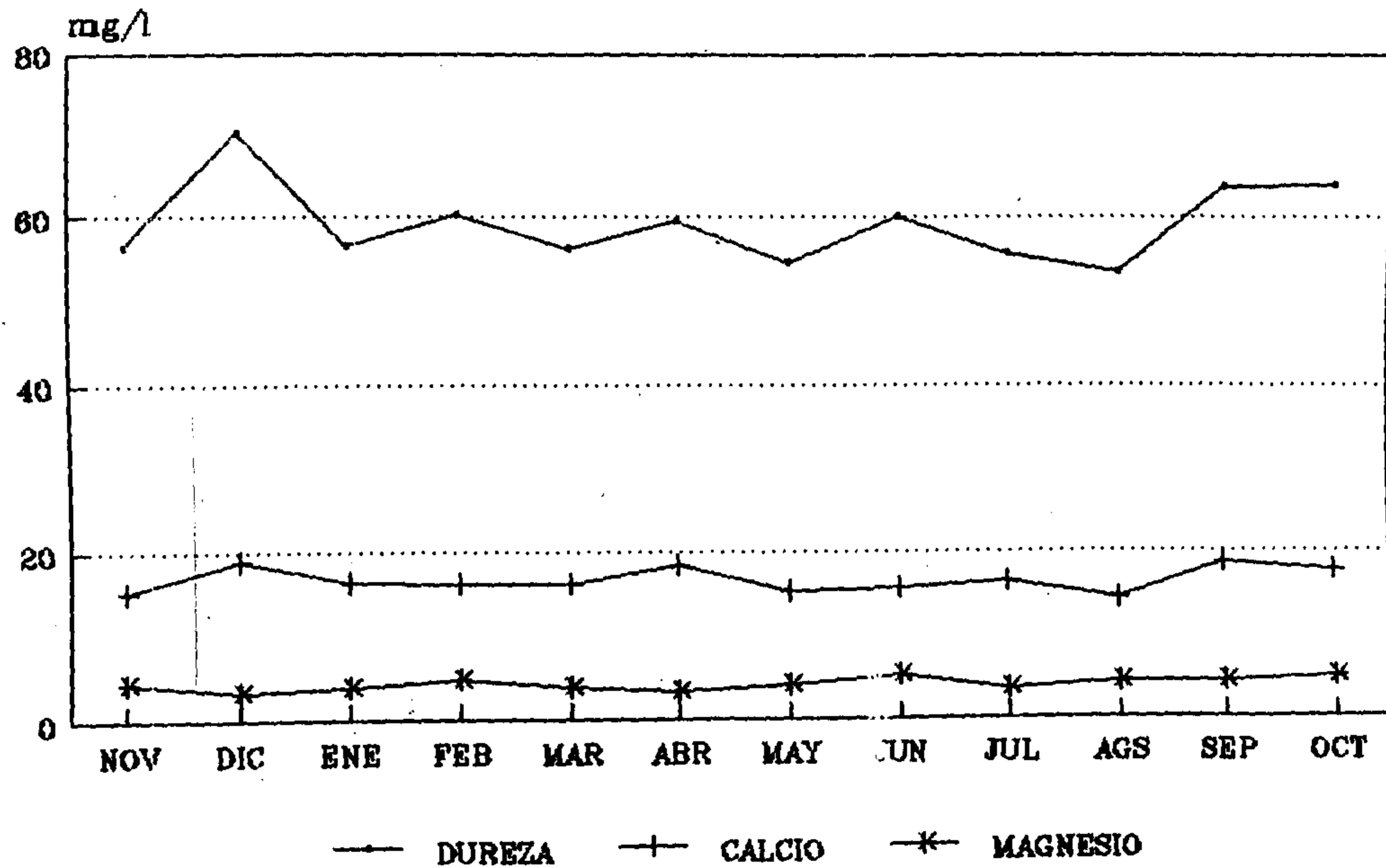
TABLA 4

VALORES PROMEDIOS DE pH, ALCALINIDAD TOTAL, CARBONATOS Y BICARBONATOS DE LA LAGUNA DE TISCAPA. NOV 80 A OCT 90.

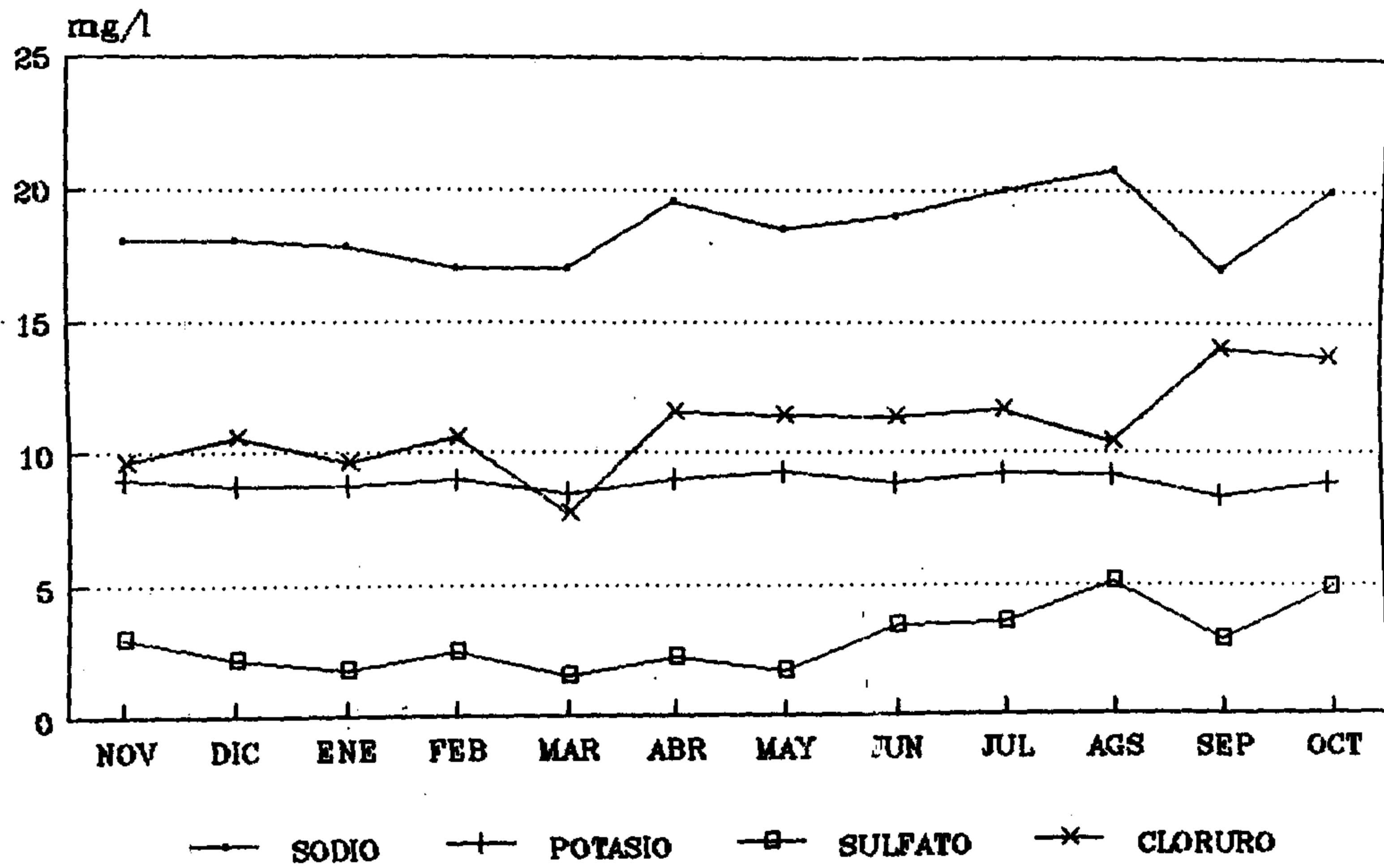
VARIABLES	ESTACION SECA	ESTACION LLUVIOSA
pH	7.61	8.28
Alcalinidad Total (mg/l)	91.20	91.78
Carbonatos (mg/l)	3.63	9.91
Bicarbonatos (mg/l)	103.936	91.89

DUREZA, CALCIO Y MAGNESIO

Figura 1.

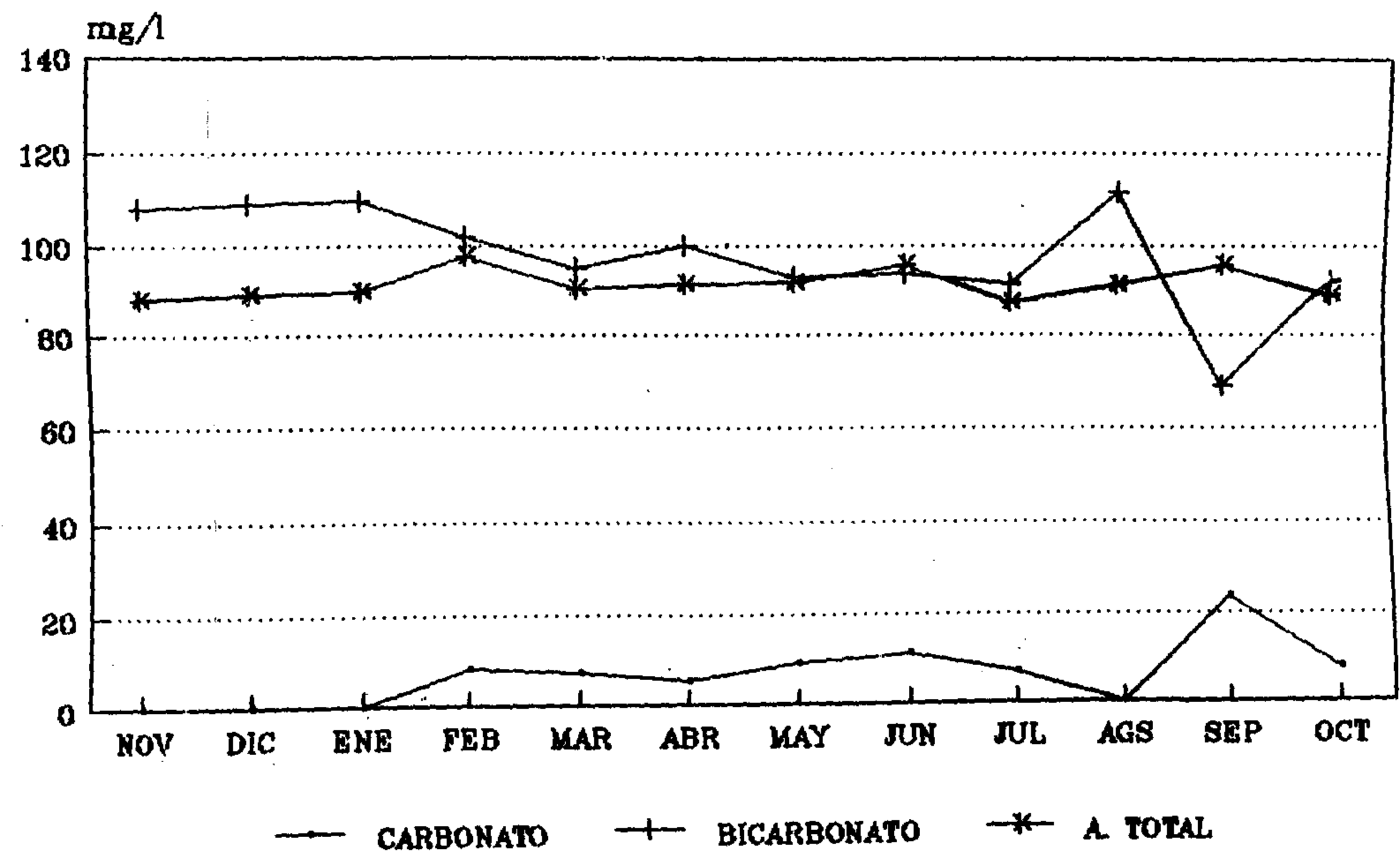


Na²⁺, K⁺, Cl⁻ Y SO²⁻
 Figura 2



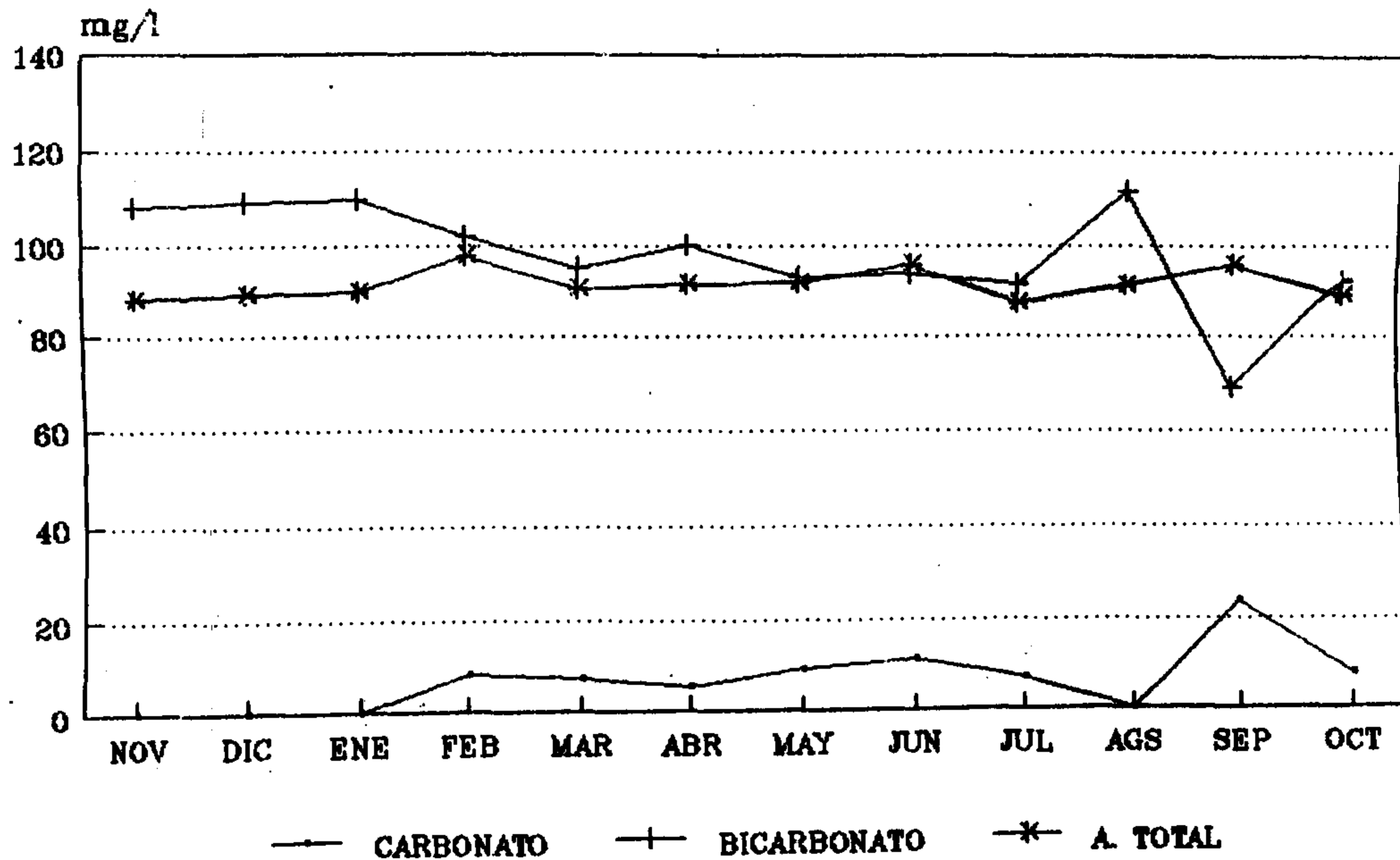
$\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- Y ALC.TOTAL

Figura 3



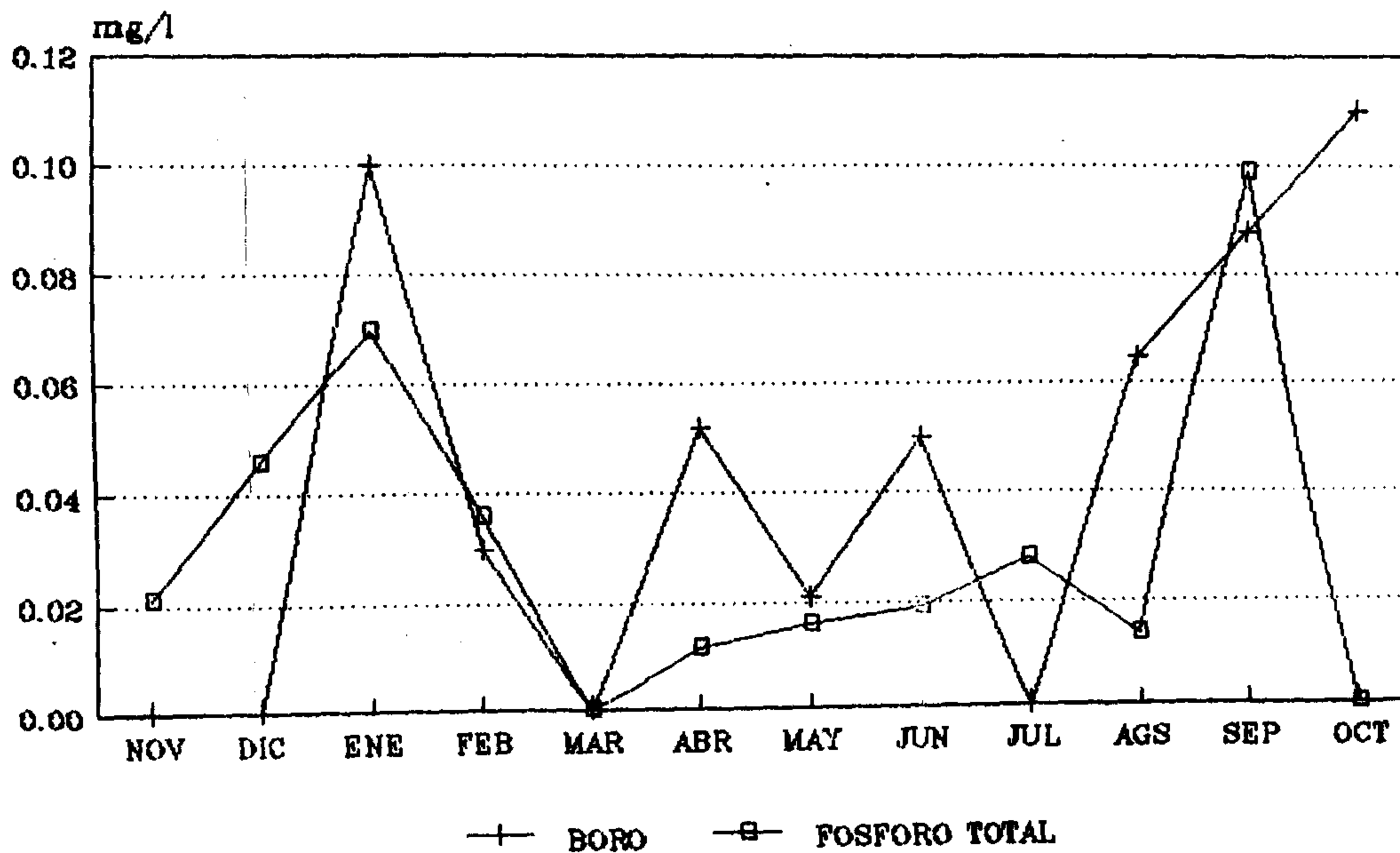
$\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- Y ALC.TOTAL

Figura 3



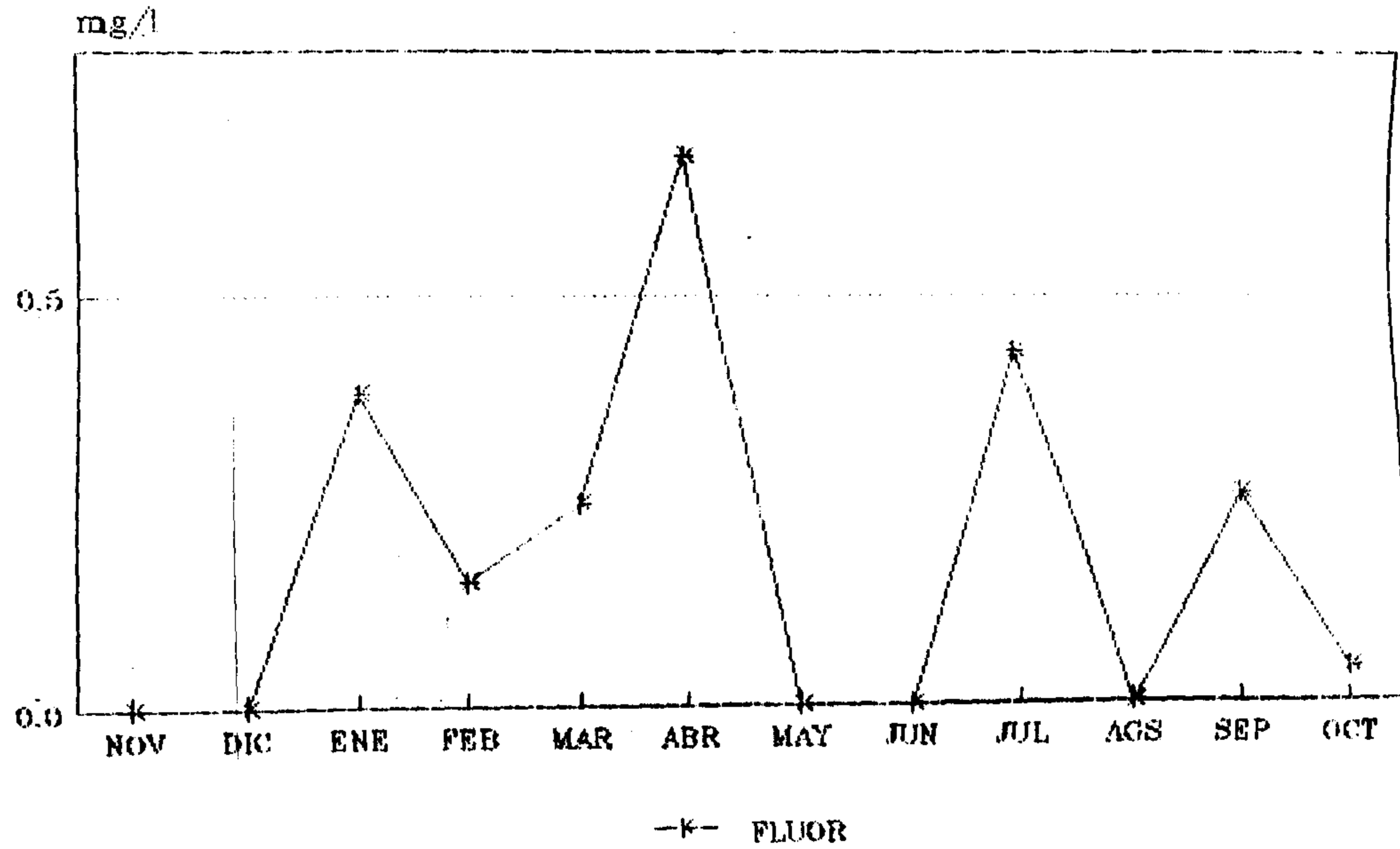
B Y PO_4^{3-} TOTAL

Figura 4



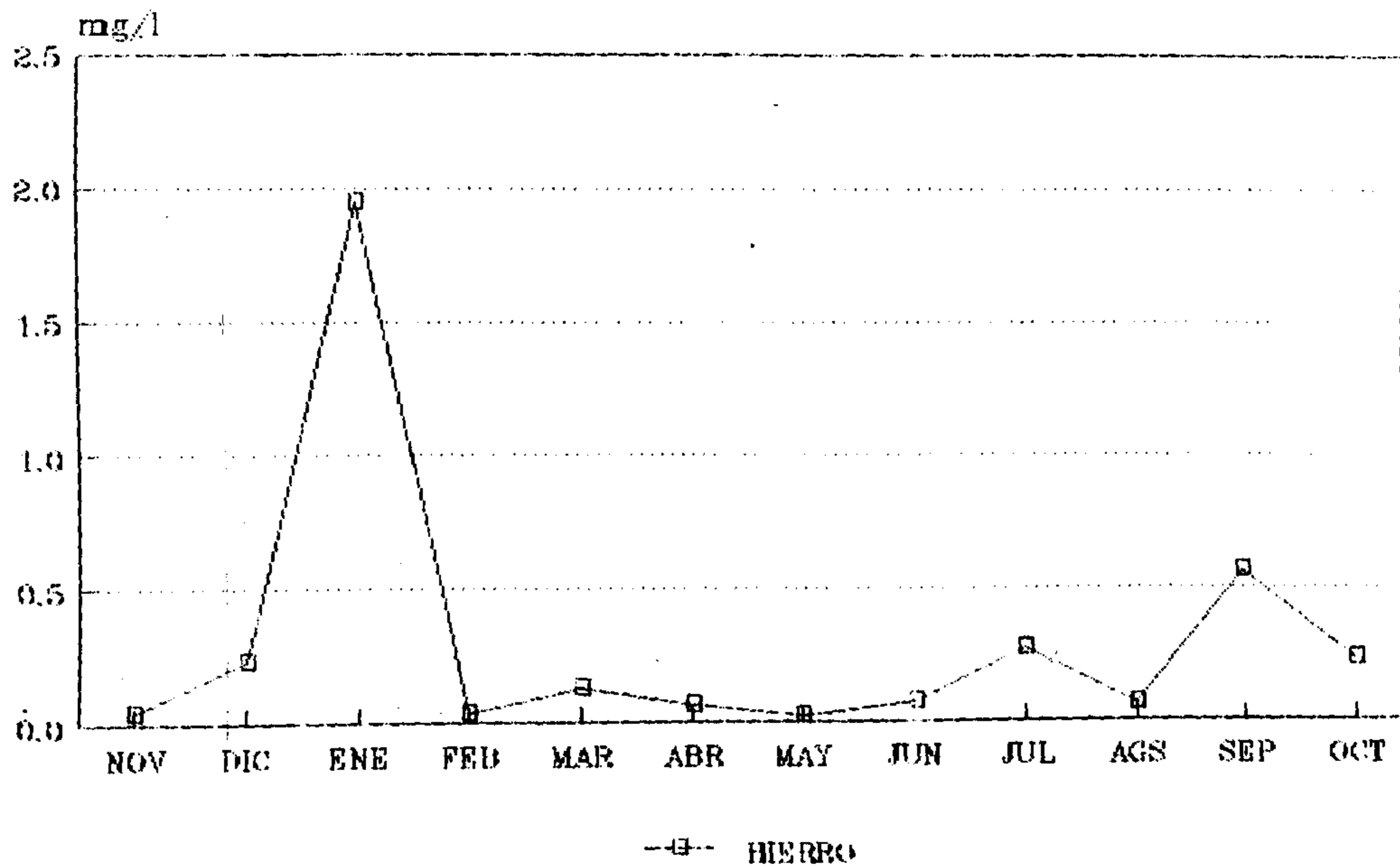
FLUOR

Figura 5



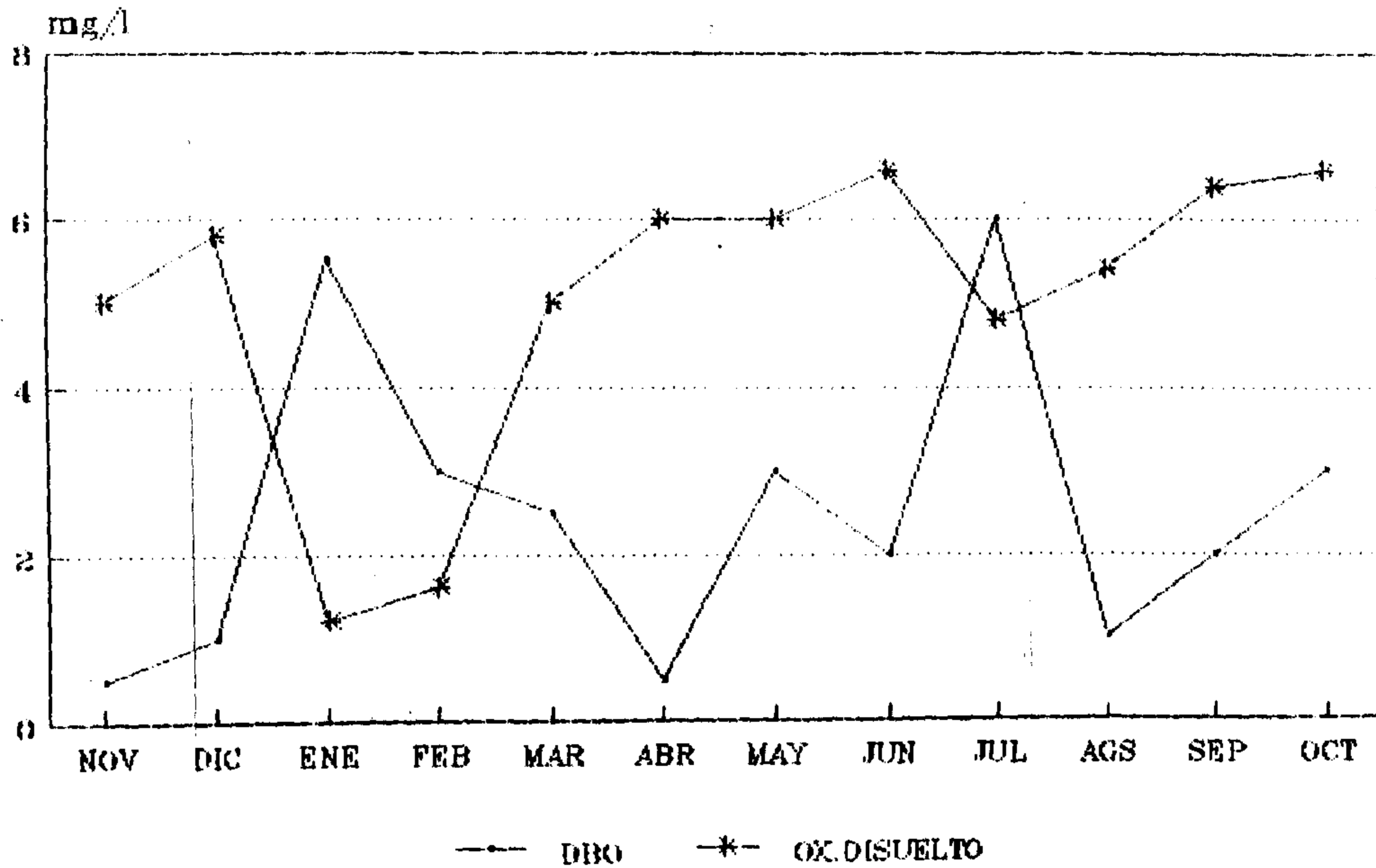
HIERRO

Figura 6



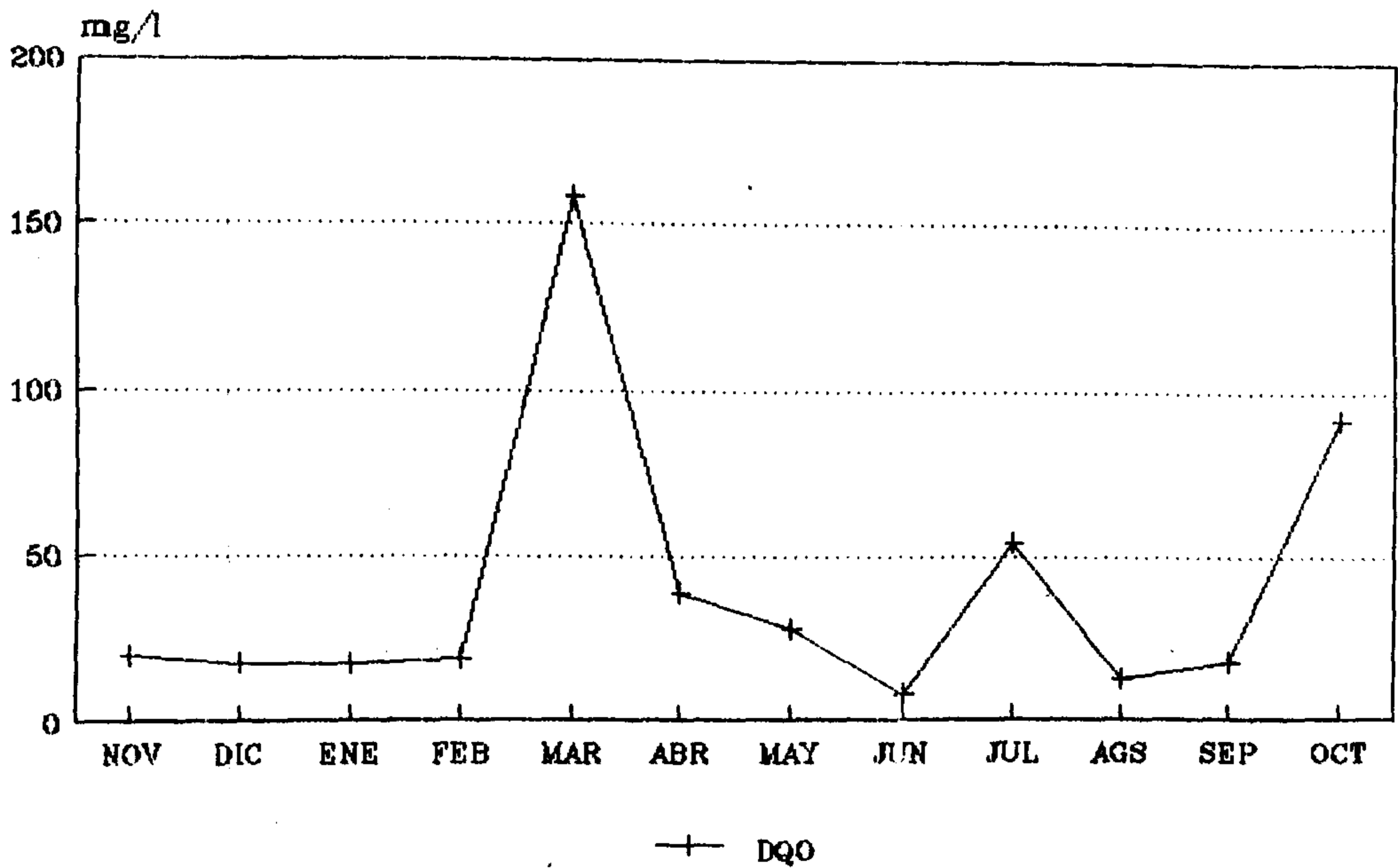
DBO Y OXIGENO DISUELTO

Figura 7



DQO

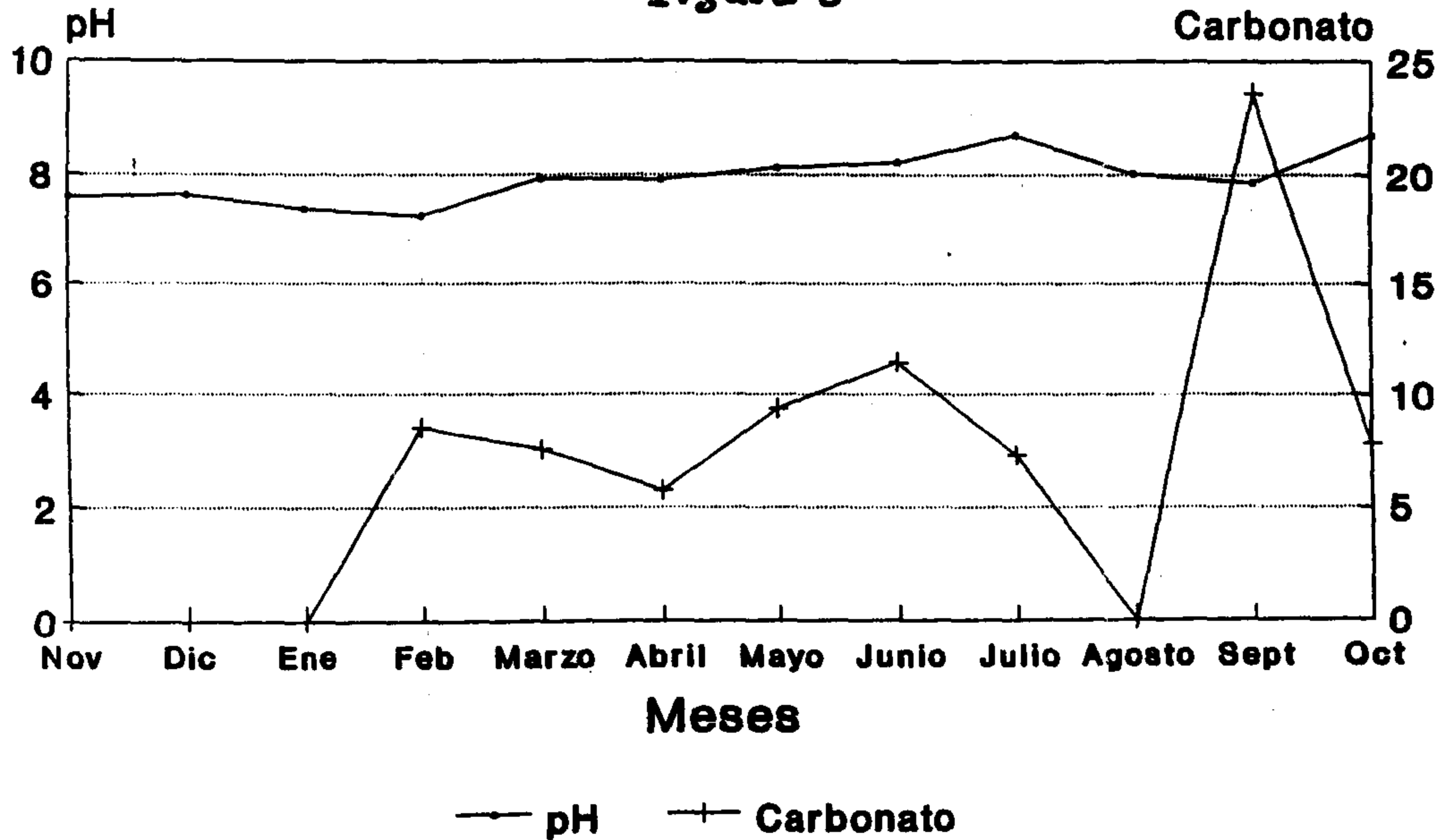
Figura 8



Lago de Tiscapa

pH vs Carbonato (mg/l)

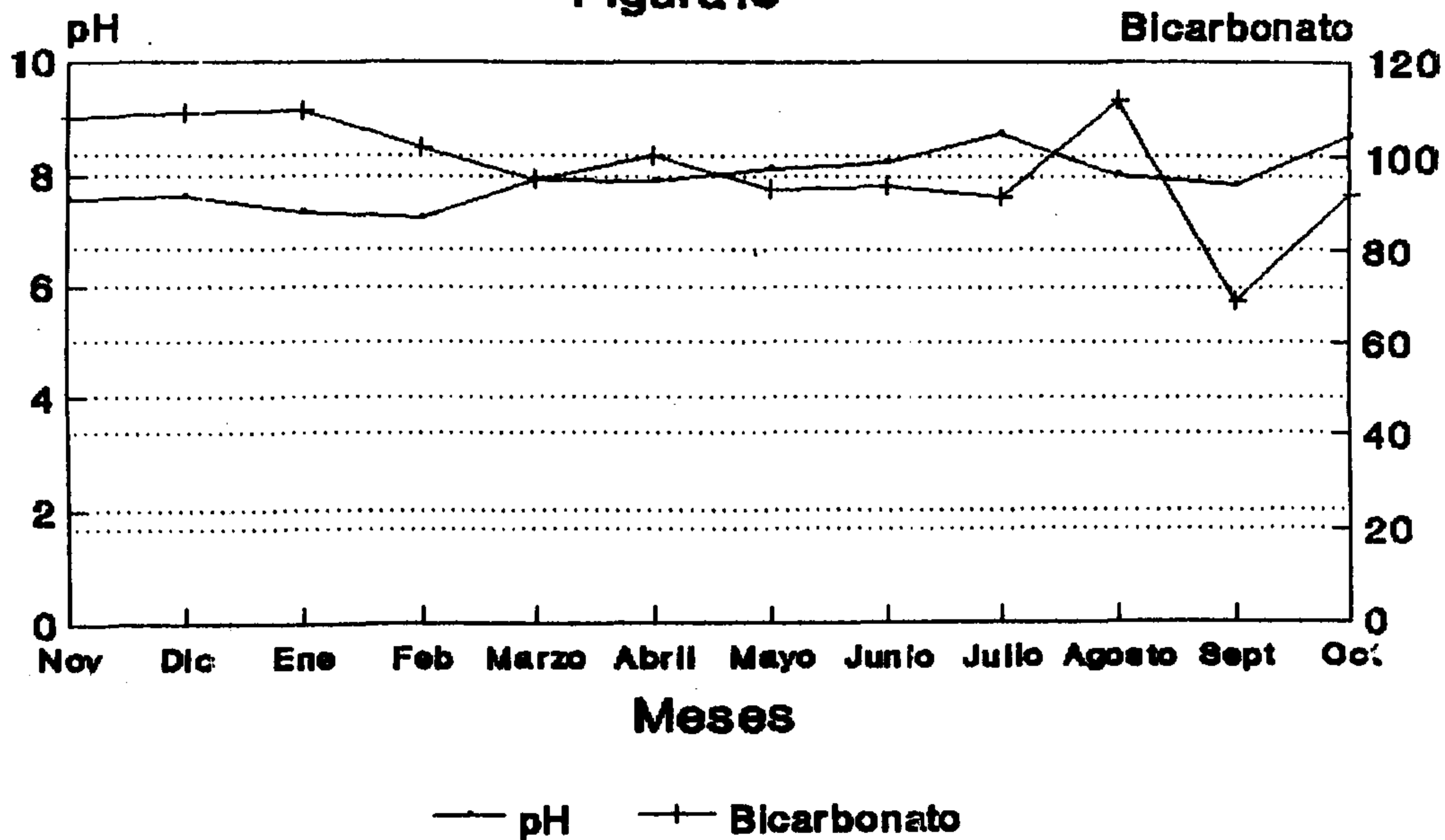
Figura 9



Lago de Tiscapa

pH vs Bicarbonato (mg/l)

Figura 19

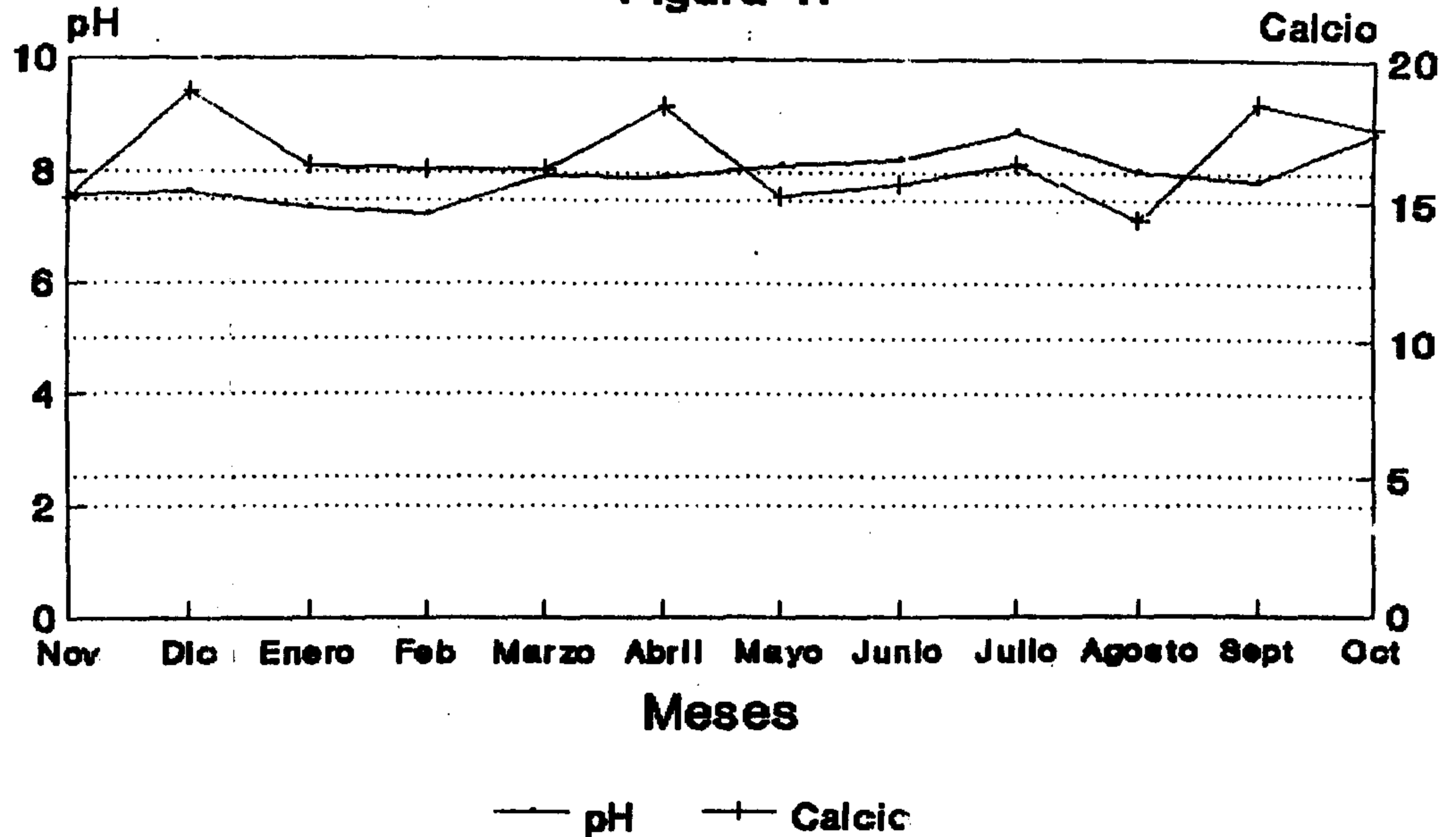


1989/1990

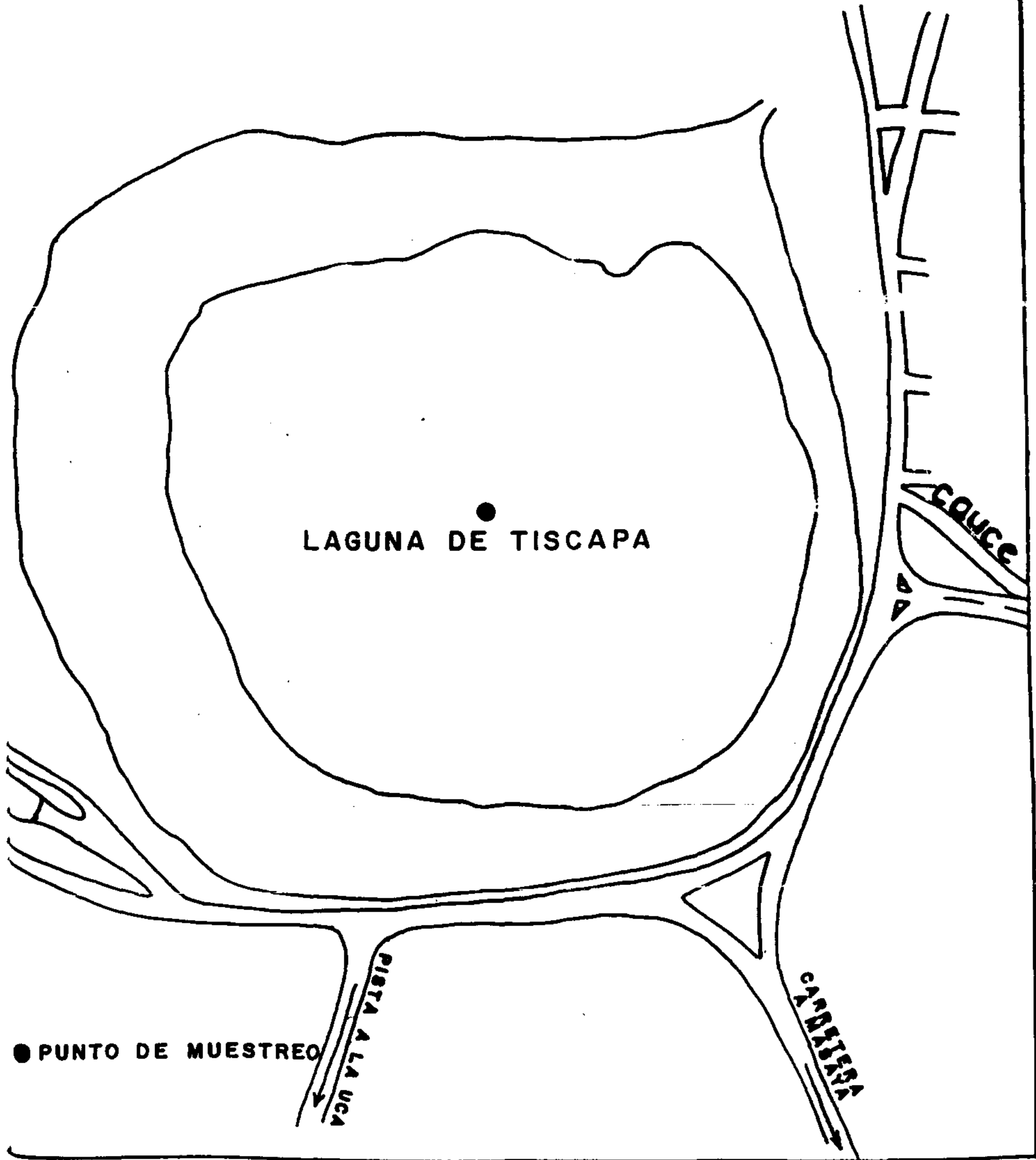
Lago de Tiscapa

pH vs Calcio (mg/l)

Figura 11



1989/1990



LAGUNA DE TISCAPA

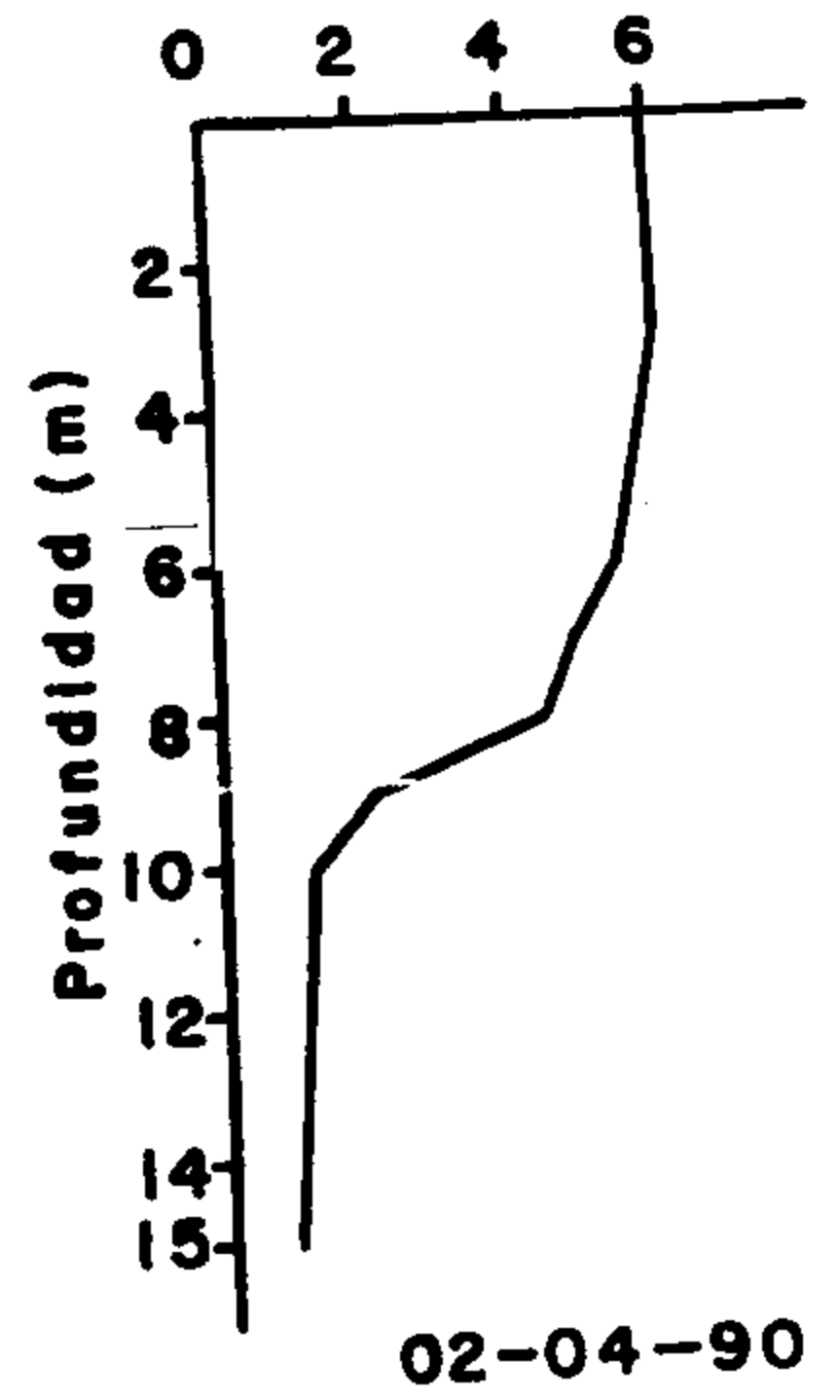
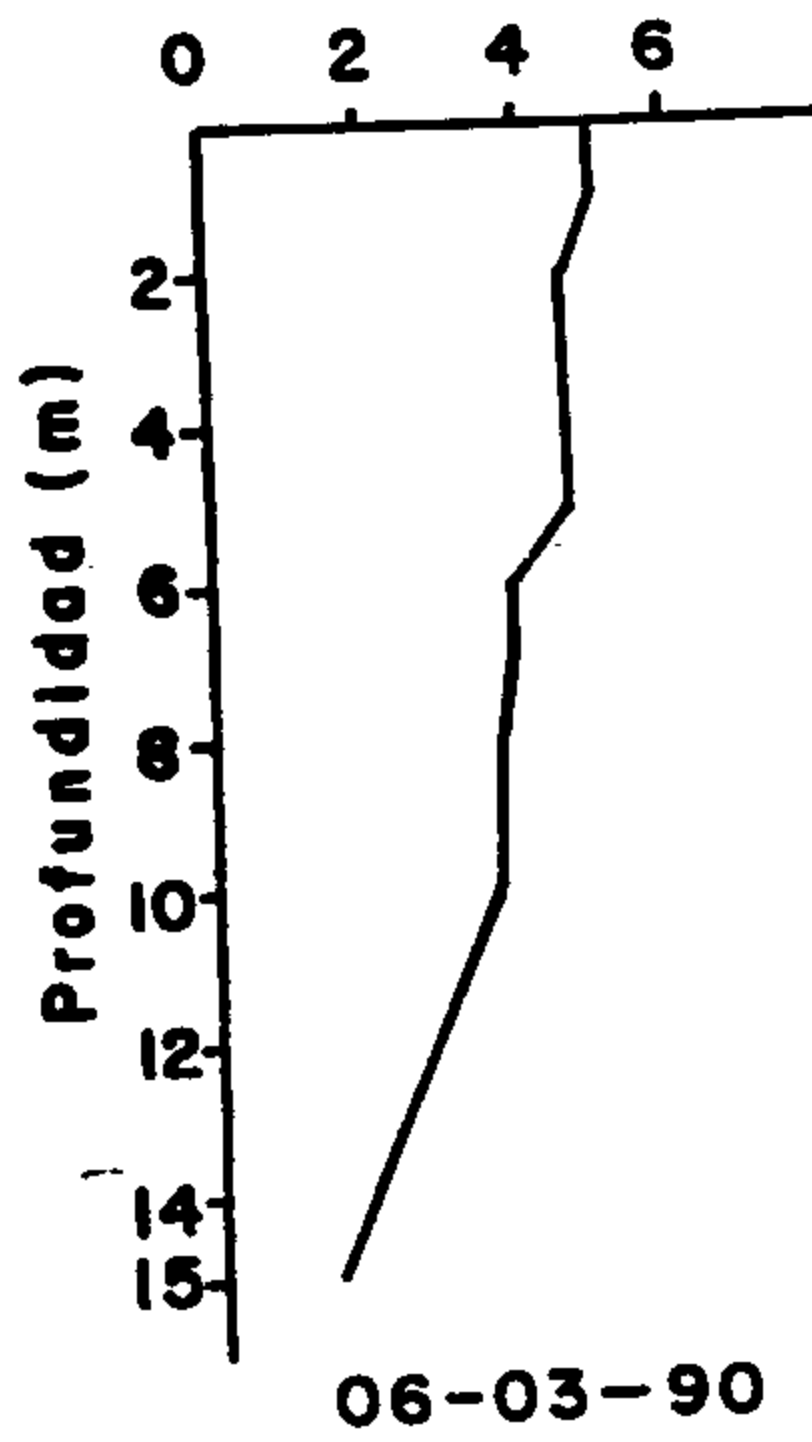
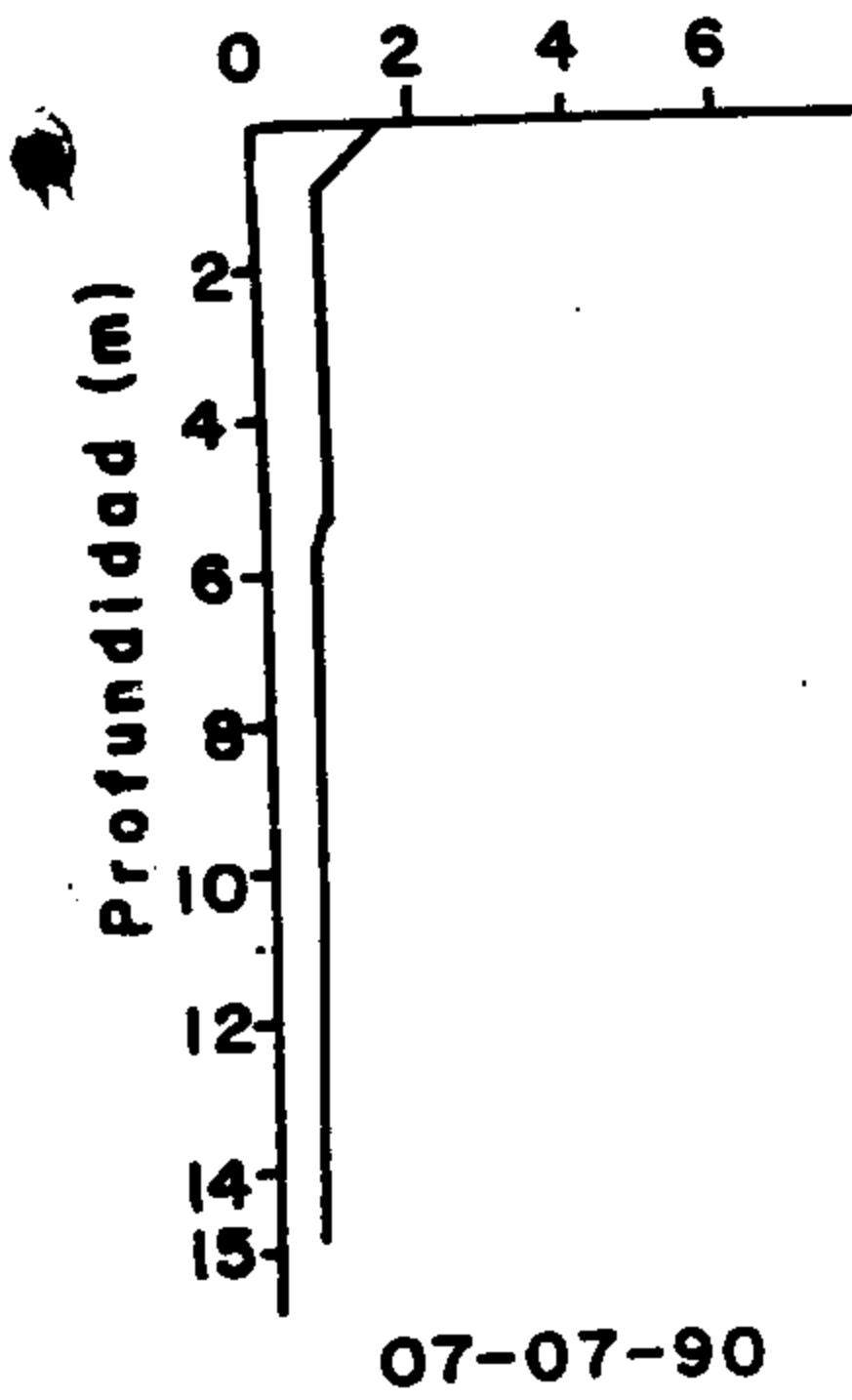
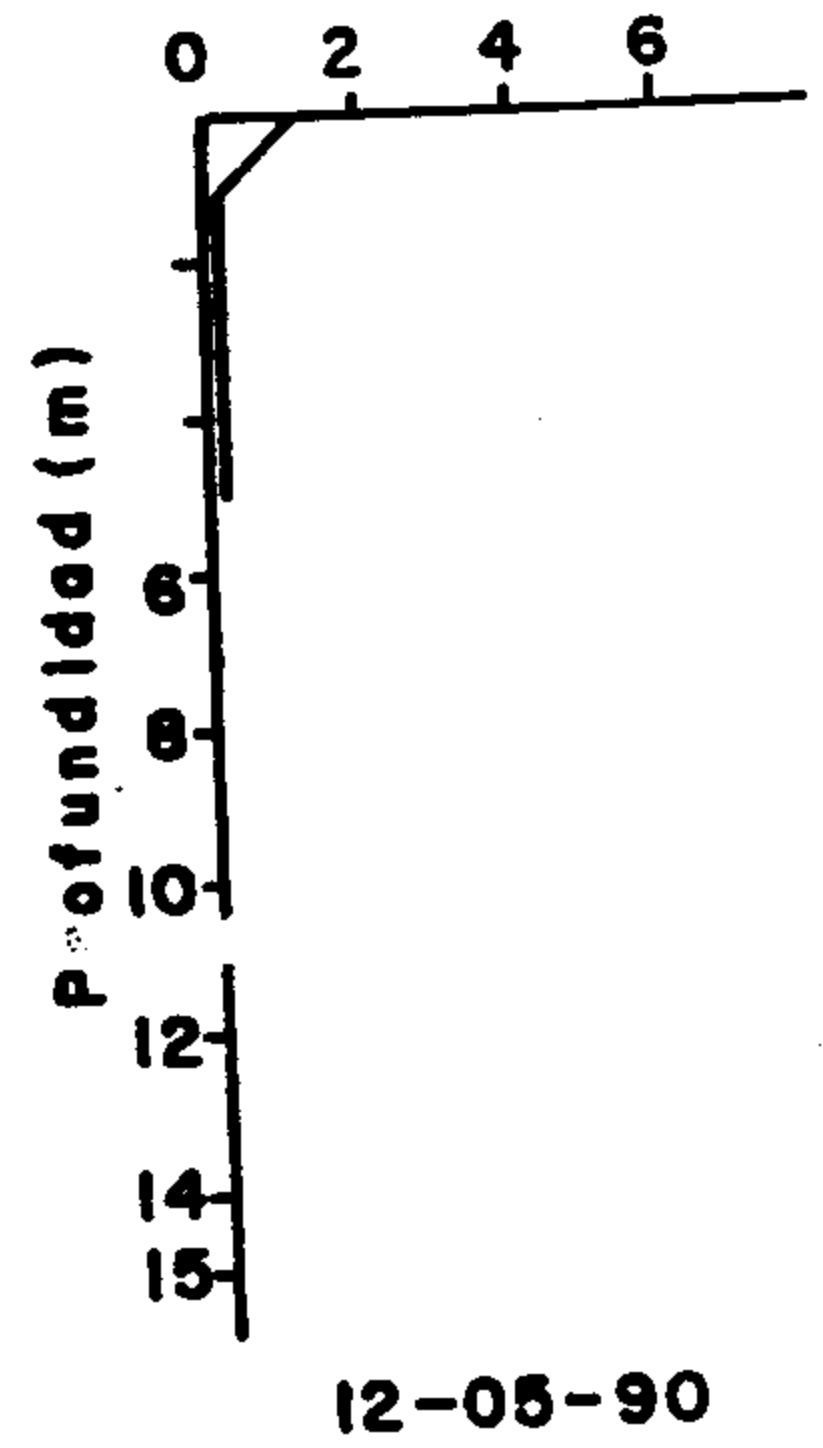
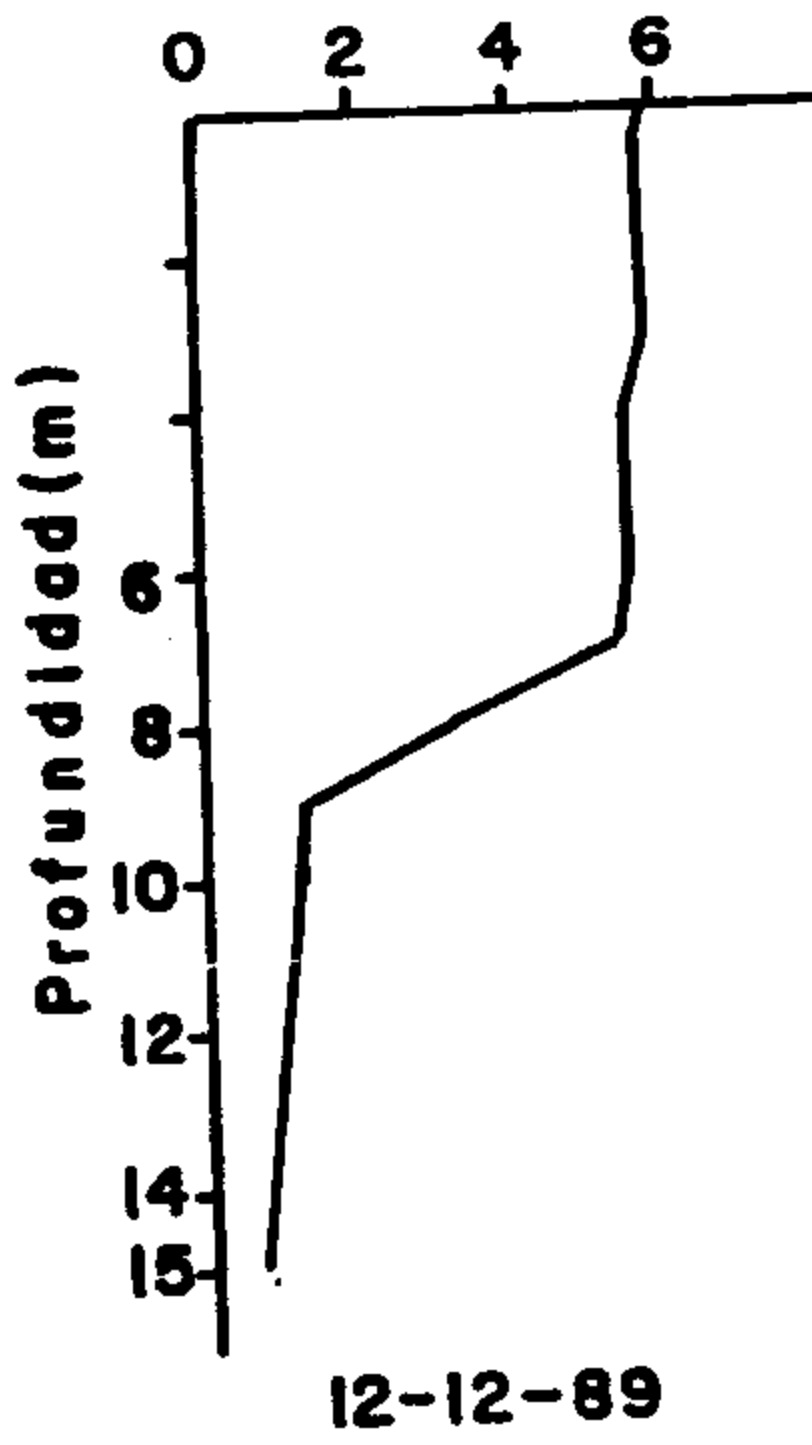
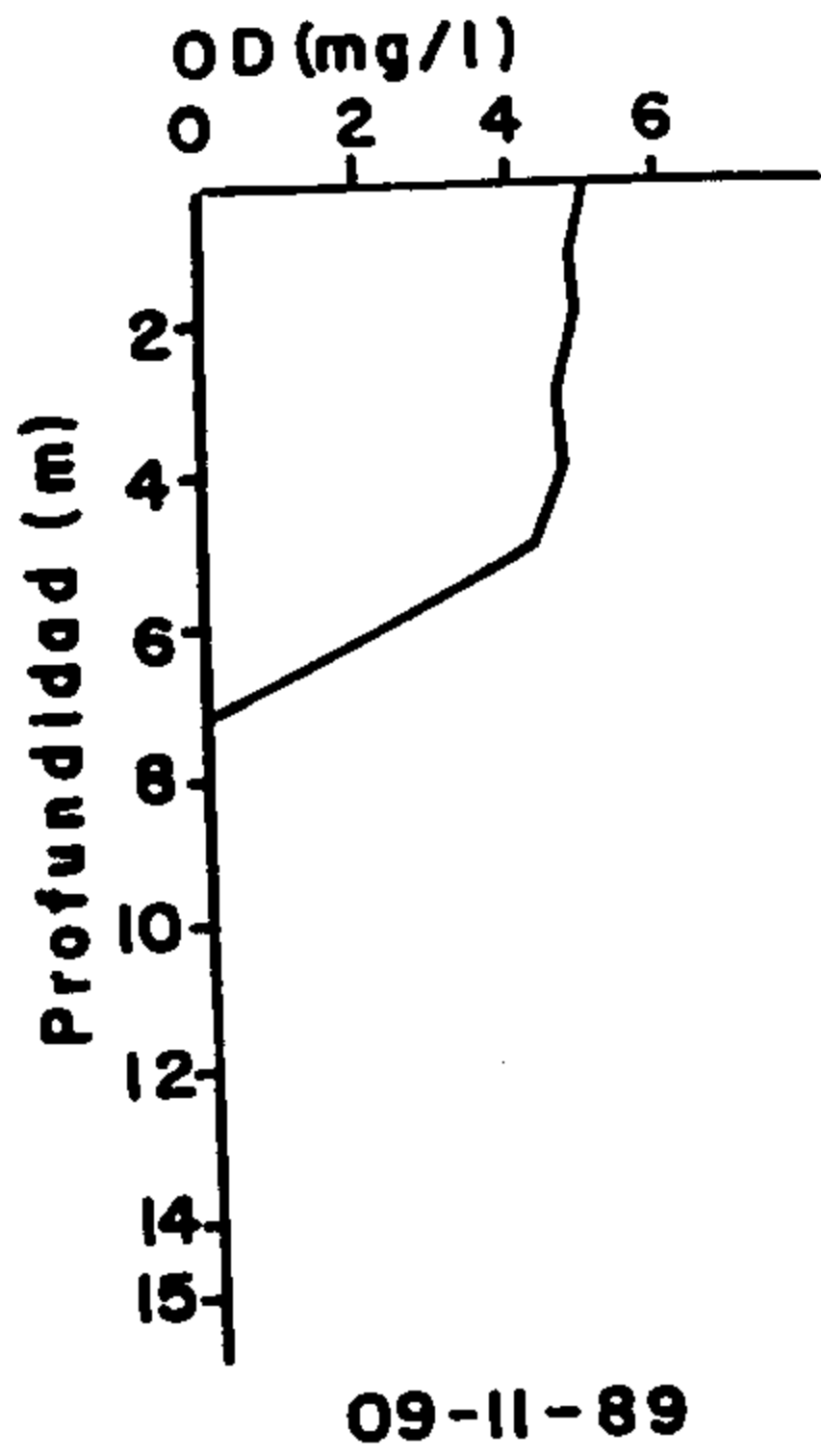
CRUCE

CARRETERA

PISTA A LA UCA

● PUNTO DE MUESTREO

OD LAGUNA DE TISCAPA
ESTACION SECA



OD LAGUNA DE TISCAPA
ESTACION LLUVIOSA

