

# Ciclo limnológico anual en la presa Begonias, Guanajuato, México

EDMUNDO DIAZ-PARDO\*, CELIA GUERRA-MAGAÑA\* Y EUGENIA LOPEZ-LOPEZ\*\*

Sección de Ictiología y Ecología de Aguas Dulces  
Laboratorio de Cordados  
Departamento de Zoología  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN  
Prol. de Carpio y Plan de Ayala  
Apartado Postal 42-186  
11340 México, D.F.

DÍAZ-PARDO, E.; C. GUERRA-MAGAÑA y E. LÓPEZ-LÓPEZ, 1991. Ciclo limnológico anual en la presa Begonias, Guanajuato, México. *An. Esc. nac. Cienc. biol., Méx.* **34**: 65-79.

**RESUMEN:** En la presa Begonias, Guanajuato, se realizaron durante un ciclo anual registros de diferentes factores ambientales, con objeto de caracterizar limnológicamente el embalse.

La presa presenta fuertes fluctuaciones en su nivel que van de 7 m en junio a 21 m en septiembre en la estación más profunda. La temperatura, en la misma estación, presentó dos estratificaciones, una en verano y otra en invierno. El oxígeno tiene un gradiente clino-grado en todos los meses estudiados a excepción de mayo, junio y julio, característico de ambientes eutroficados. Sólo se presentaron condiciones anóxicas en agosto y septiembre a profundidades mayores de 13 y 14 m respectivamente.

Los niveles máximos de fosfatos se presentaron en abril y agosto, al final de los periodos de estratificación; los nitratos y sulfatos fueron más abundantes en marzo. La presa presentó aguas duras.

Los fuertes vientos que se manifiestan en casi todo el año, así como las descargas del embalse favorecen la homogeneización del cuerpo de agua debilitando la estratificación, a su vez la entrada del río con aguas más frías favorece la formación de corrientes de densidad en el fondo.

## INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de aprovechamiento de las aguas continentales se han desarrollado diversas tecnologías para el manejo de los cuerpos de agua, uno de ellos lo constituye la construcción de embalses, cuyos objetivos pueden ser muy diversos.

Sin embargo, las presas presentan características que tienen poco en común con el ecosistema original del cual provienen y sólo después de un tiempo empiezan a adquirir características propias.

En México son muy escasos los estudios realizados con el fin de detectar los cambios ecológicos causados por las presas y son aún más escasos los relacionados con el manejo y optimización de este nuevo ambiente, haciéndose necesaria la realización de estudios sobre la caracterización ambiental y el funcionamiento de estos cuerpos de agua.

\* Becario de la COFAA-IPN.

\*\* Becario de CONACyT.

## ÁREA DE ESTUDIO

La presa Begonias o Ignacio Allende se encuentra en el estado de Guanajuato, su cortina se localiza 12 km al SO de San Miguel de Allende, a una altitud de 1,834 m.s.n.m., embalsa al río de La Laja e hidrológicamente se ubica en la porción media de la subcuenca Laja, en el sistema Lerma-Chapala.

Su capacidad de captación y retención es de 251 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales, 115 se utilizan para riego, 101 para control de avenidas y 35 para depósito de azolves (Martínez Luna, 1980).

El clima del área de estudio es de tipo BS<sub>hw</sub>(W)(e)g, seco, semicálido, extremo, con precipitación invernal menor del 5% anual y temperatura media entre 18° y 22°C (García, 1981).

El embalse constituye el cuerpo de agua más importante de la región desde el punto de vista hidráulico, además, en ella habitan 10 especies de peces: *Poeciliopsis infans*, *Goo-dea atripinnis*, *Xenotoca variata*, *Chirostoma jordani*, *C. arge*, *C. labarcae*, *Yuriria alta*, *Cyprinus carpio*, *Tilapia mossambica* e *Ictalurus* sp. De las cuales, las tres especies de atherinidos, la carpa, el bagre y la mojarra son de interés pesquero local.

A pesar de su importancia no se conocen estudios de la dinámica ambiental, biología y ecología de su fauna acuática, ni del estado de los recursos pesqueros. En razón de ello se presenta la caracterización ambiental de ese sistema, como parte de un proyecto de investigación financiado por la Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Politécnico Nacional (871664) que persigue el conocimiento ecológico integral de la presa Begonias.

## METODOLOGÍA

Se establecieron siete estaciones de muestreo, mismas que se visitaron mensualmente durante un ciclo anual que se inició en febrero de 1988. En cada estación se determinaron las temperaturas del aire y del agua; en esta última se cuantificaron también el oxígeno disuelto y pH, y además se tomaron muestras de agua para su posterior análisis en el que se evaluaron nitratos, sulfatos, fosfatos, dureza, sólidos suspendidos y turbiedad mediante las técnicas asociadas con el uso de un espectrofotómetro Hach DR-EL/2. Las estaciones someras (3, 6 y 7) se muestrearon sólo en superficie, las profundas (1, 4 y 5) en superficie y fondo; en la estación dos que presentó la mayor profundidad, las muestras se tomaron en los siguientes intervalos: superficie 2, 4, 8, 12 m y fondo. Todas las muestras se tomaron con una botella de cierre automático por mensajero de 2.5 litros de capacidad.

Con los valores de la estación dos se estableció la distribución vertical de la temperatura y el oxígeno disuelto; los valores de todos los parámetros cuantificados en las restantes estaciones fueron promediados mensualmente a fin de obtener su variación en el ciclo anual. La ubicación de las estaciones de muestreo se proporciona en la figura 1.

## RESULTADOS

**CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS.** La presa presenta grandes modificaciones en su morfometría a lo largo de un ciclo anual (Fig. 2), la mayor capacidad se alcanza en septiem-

bre, en la época de lluvias, y el nivel más bajo se presenta en junio, a finales de la época de estiaje. En la tabla 1 se señalan los cambios extremos en las características morfométricas de la presa, producidos como consecuencia de las temporadas de lluvia y estiaje.

TABLA 1. CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DE LA PRESA BEGONIAS

	Septiembre (Lluvias)	Junio (Estiaje)
Longitud máxima	8.6 km	3.75 km
Anchura máxima	5.0 km	2.5 km
Area	22.6 km <sup>2</sup>	3.11 km <sup>2</sup>
Profundidad máxima	21 m	7 m
Profundidad media	13.7 m	4.52 m
Perímetro	63 km	12.7 km
Indice de ribera	3.73	2.03
Volumen	251 millones m <sup>3</sup> (tomado de Martínez Luna, 1980)	

TEMPERATURA. En la figura 3 se muestran las isotermas determinadas en la estación dos. En ella aparecen dos tendencias a la estratificación, una entre abril a mayo y otra de diciembre a febrero.

La primera estratificación se inicia en abril con una diferencia de 1°C entre los 10 y 11 m de profundidad. En mayo la disparidad entre superficie y fondo es de 5°C; en este mismo mes se presentan además tres zonas de gradiente térmico, de superficie a 1 m, de 3 a 4 m y de 8 a 9 m (Figs. 3 y 4); esta estratificación no forma una termoclina en el sentido estricto, además de que tiende a romperse en junio, donde sólo se presenta una diferencia de 1°C entre los 2 y 6 m de profundidad.

En el mes de julio se observa un incremento de 1°C entre superficie y 1 m, y la temperatura se mantiene uniforme hasta los 4 m de profundidad, lo cual podría explicarse por las condiciones climáticas, ya que durante el día de muestreo no hubo viento, la temperatura ambiente fue de 20°C y la nubosidad sólo 7/10, lo que probablemente favoreció la penetración de rayos infrarrojos que elevaron la temperatura del agua en esa capa.

En agosto se mantiene la recirculación y por lo tanto la temperatura es homogénea en toda la columna. En septiembre y octubre hay un pequeño gradiente entre los 2 y 8 m, con diferencias de 1.5 y 1°C respectivamente.

En los meses de noviembre a febrero, nuevamente se observa una microestratificación en los dos primeros metros, siendo más acentuada en enero, con diferencias de hasta 4°C entre la superficie y los 2 m de profundidad. Por último, la segunda recirculación se presenta en marzo por lo que la temperatura vuelve a ser homogénea en toda la columna.

La relación térmica entre el aire y la superficie del agua indica que en los meses fríos (noviembre a marzo), las diferencias son de 1 a 3°C y en los más cálidos es de sólo medio grado (Fig. 5).

**OXÍGENO DISUELTO.** Durante el ciclo de estudio la estratificación de este gas fue más acentuada que la de la temperatura, ocurriendo el mayor gradiente en mayo, con una diferencia de hasta 6 ppm entre superficie y fondo; sin embargo, como consecuencia de la recirculación de verano, en junio la concentración se vuelve homogénea. En el segundo periodo de recirculación, que se presenta en marzo, el oxígeno disuelto se encuentra en altas cantidades en los primeros 4 m, y entre los 5 y 8 m de profundidad sólo hay una diferencia de 2.4 ppm, es decir, también existe gran uniformidad (Fig. 6).

En general, los valores de oxígeno fluctúan entre 3 y 16 ppm, aunque en abril, mayo, agosto y septiembre fueron menores a 3 ppm en el fondo. Sólo hubo condiciones anóxicas en agosto y septiembre entre 13 y 15 m de profundidad, respectivamente.

En todos los meses estudiados, excepto en mayo, junio y julio, la distribución vertical de oxígeno es de tipo clinógrado, característica de lagos eutróficos debido a la oxidación de grandes cantidades de materia orgánica en el fondo.

La concentración de oxígeno en mayo tiene un incremento entre los 2 y 3 m de profundidad, misma que se mantiene hasta los 4 m, y de este nivel hasta los 10 m disminuye bruscamente; en el estrato más profundo (10-12 m) vuelve a presentarse otro pequeño incremento (Fig. 8). Este comportamiento se ha registrado en el metalímneo durante la estratificación de verano de algunos lagos transparentes y se ha argumentado que el aumento en la transparencia del agua permite una mayor tasa fotosintética (Reid y Wood, 1976).

Esta explicación podría ser también válida para la presa Begonias, ya que en mayo se presentaron los más altos valores de transparencia, lo que favoreció la penetración de rayos luminosos a niveles más profundos, naturalmente a reserva de los resultados del análisis fitoplanctónico.

En junio y julio las capas superficiales tienen un decremento de oxígeno y luego un pequeño aumento en el fondo que podría deberse a corrientes de densidad procedentes del río tributario, que llevan volúmenes de agua de menor temperatura y mayores concentraciones de oxígeno disuelto, como ha sido registrado por Wiebe (1939) en el Embalse Norris, Tennessee, E.U.A.

**TURBIEDAD Y TRANSPARENCIA.** Estos factores presentan un comportamiento inverso. Mientras que en la época de sequía la turbiedad apenas llega a valores entre 30 y 70 unidades de formación de turmazina (UFT), en general es alta la transparencia (de 10 a 60 cm), comparado con lo que sucede el resto del año (Fig. 8).

Por lo contrario, de junio a enero, la turbiedad alcanza cifras entre 130 y 300 UFT, como consecuencia de los aportes del río que trae gran cantidad de materia en suspensión y en solución; la transparencia mientras tanto se mantiene con valores menores a 20 cm, una situación semejante ha sido observada en la Laguna de Atezca, Hidalgo por Díaz-Pardo, *et al.* (1986).

**NITRATOS.** Las concentraciones mensuales promedio de nitratos superficiales tienen máximos en marzo, junio, agosto y diciembre; los del fondo en junio, septiembre y diciembre, con un patrón muy semejante al de superficie. Además, en febrero, abril, mayo, septiembre, noviembre, diciembre y enero, los nitratos son mayores en el fondo que en la superficie, en marzo, junio, julio, agosto y octubre se presenta la situación inversa (Fig. 9).

Los bajos niveles de este ion, comúnmente se relacionan con asimilación por florecimientos fitoplanctónicos (Happy, 1978), el análisis correspondiente para la presa Begonias actualmente está en desarrollo.

**FOSFATOS.** Las variaciones de fosfatos promedio de cada mes se presentan en la figura 10. En ella se observan dos máximos, en marzo y agosto, y tanto de superficie como de fondo.

Hutchinson (1957) ha encontrado que existe un incremento en los fosfatos en las últimas fases de estratificación térmica, que se deben a la liberación de los fosfatos de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. En la presa Begonias los niveles máximos de fosfatos coinciden con la ruptura de las estratificaciones de verano e invierno.

**SULFATOS.** Los máximos valores promedio se presentaron en febrero y disminuyen paulatinamente hasta septiembre en que no fueron detectados, a partir de este mes vuelven a aumentar. En el fondo se presentan los máximos en octubre y enero, pero de febrero a septiembre disminuyen hasta volverse no detectables. Además, sólo en octubre, noviembre y enero los sulfatos son mayores en la superficie que en el fondo, que podría deberse a su liberación de los sedimentos cuando está presente la microzona de oxidación (Fig. 11).

**pH y DUREZA.** En lo general, en el fondo el pH es ligeramente más ácido que en la superficie, excepto marzo y agosto, aunque los valores de las dos capas son muy cercanos. En el fondo el pH permanece por debajo de siete excepto en los dos meses antes mencionados. Sólo en marzo y abril se presentan valores superiores a siete en la superficie.

La tendencia al extremo ácido en el fondo está en relación con la descomposición de materia orgánica y los bajos niveles de oxígeno disuelto ya mencionados, obviamente una situación inversa ocurre en la superficie (Fig. 12).

Las diferencias entre la superficie y el fondo en lo que respecta a los carbonatos de calcio son muy pequeñas. Los máximos niveles de dureza se presentan en mayo y junio, disminuyendo gradualmente hacia agosto, septiembre y octubre y vuelven a aumentar en la época fría, de noviembre a marzo.

De acuerdo con los niveles de carbonatos se puede considerar que la presa Begonias tiene aguas ricas en calcio que corresponde con la designación de aguas duras propuestas por Reid y Wood (1976), los mismos autores mencionan que es común encontrar en este tipo de lagos mayores concentraciones en el fondo que en la superficie (Fig. 12).

## CONCLUSIONES

Nuestros datos sugieren la presencia de dos periodos de estratificación, uno en verano y otro en invierno, lo que correspondería a un sistema dimítico (Reid y Wood, 1976; Cole, 1979), con la peculiaridad de que las dos estratificaciones en la presa Begonias son directas.

La ausencia de termoclina bien definida, puede ser el resultado de la fragilidad de la estratificación. Dicha fragilidad es a su vez consecuencia de la dinámica ambiental del sistema pues la apertura de las compuertas y los fuertes vientos que se presentan en la mayor parte del año y que corren en sentido del eje longitudinal de la presa, favorecen la mezcla en la columna de agua, provocando que las características tiendan a ser homogéneas. El efecto de los vientos con el consecuente debilitamiento de la estratificación, ha sido registrado por Margalef (1976), en embalses españoles.

Los niveles máximos de fosfatos también sugieren la presencia de dos posibles estratificaciones, pues se liberan de los sedimentos anaeróbicos al final de la estratificación.

Los valores máximos de turbiedad y sólidos suspendidos presentan una estrecha relación con la época de lluvias.

Los perfiles de oxígeno de tipo clinógrado indican la oxidación de materia orgánica en el fondo, lo cual es característico de lagos eutróficos; al respecto Margalef (1983) indica que, como consecuencia de la descompensación entre los procesos de producción y de respiración, los embalses artificiales se consideran como ambientes eutróficos. Los perfiles de tipo ortógrado sugieren la presencia en el fondo de corrientes de densidad con mayores niveles de oxígeno, originadas en los afluentes de la presa.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos hacer un reconocimiento a los compañeros José Antonio Reyes Navarro y Alejandro Guzmán Lara por su colaboración en los trabajos de campo.

### SUMMARY

In the dam "Begonias", Guanajuato, a study throughout an annual cycle was made, to characterize limnological the environment.

The dam shows hard fluctuations in depth, which are reflected in the cycle of nutrients and the dynamic of the system.

Temperature presents two periods of stratification, one in summer and other in winter.

The oxygen presents a clinograd curve, that is classic of eutrophic lakes, except in May, June and July. There are anoxic conditions in August and September, at 13 and 14m of deep, respectively.

The levels of calcium suggest that the water is hard. While the pH is around 7 in all the year with smaller values at the bottom.

Forces of strong winds produce weakness of the stratification, favoring homogenization of the water. Also tributary river, which transports cold waters, develops under water density currents.

### BIBLIOGRAFÍA

- COLE, G.C., 1979. Text book of Limnology 2nd Ed. Mosby Company.
- DÍAZ-PARDO, E.; C. GUERRA y G. VÁZQUEZ, 1986. Estudio bioecológico de la laguna de Atezca, Hidalgo, México. I. Análisis limnológico. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, **30**: 171-189.
- GARCÍA, E., 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Méx. D.F. Offset Larios. UNAM.
- HAPPEY, C.M., 1978. Some physico-chemical investigations of stratifications in Abbot's Pool Somerset: The distribution of some dissolved substances. *J. Ecol.* **58**: 621-634.
- HUTCHINSON, G.E., 1957. A treatise on Limnology. Vol. I: Geography, Physics and Chemistry. John Wiley and Sons.
- MARGALEF, R., 1976. Biología de los Embalses. *Invest. Cient.* (1): 51-62.
- \_\_\_\_\_, 1983. Limnología. Ed. Omega. España.
- MARTÍNEZ-LUNA, V.M., 1980. Los factores geomorfológicos que rigen el comportamiento de la presa "Ignacio Allende", Guanajuato. Serie Varia T. 1, Núm. 6. Méx. Instituto de Geografía. UNAM.
- REID, G.K., and R.D. WOOD, 1976. Ecology of Inland waters and Estuaries. D. Van Nostrand Company.
- WIEBE, A.H., 1939. Density currents in Norris Reservoir. *Ecology.* **20**(3): 446-450.

Artículo recibido para su publicación en mayo de 1989.

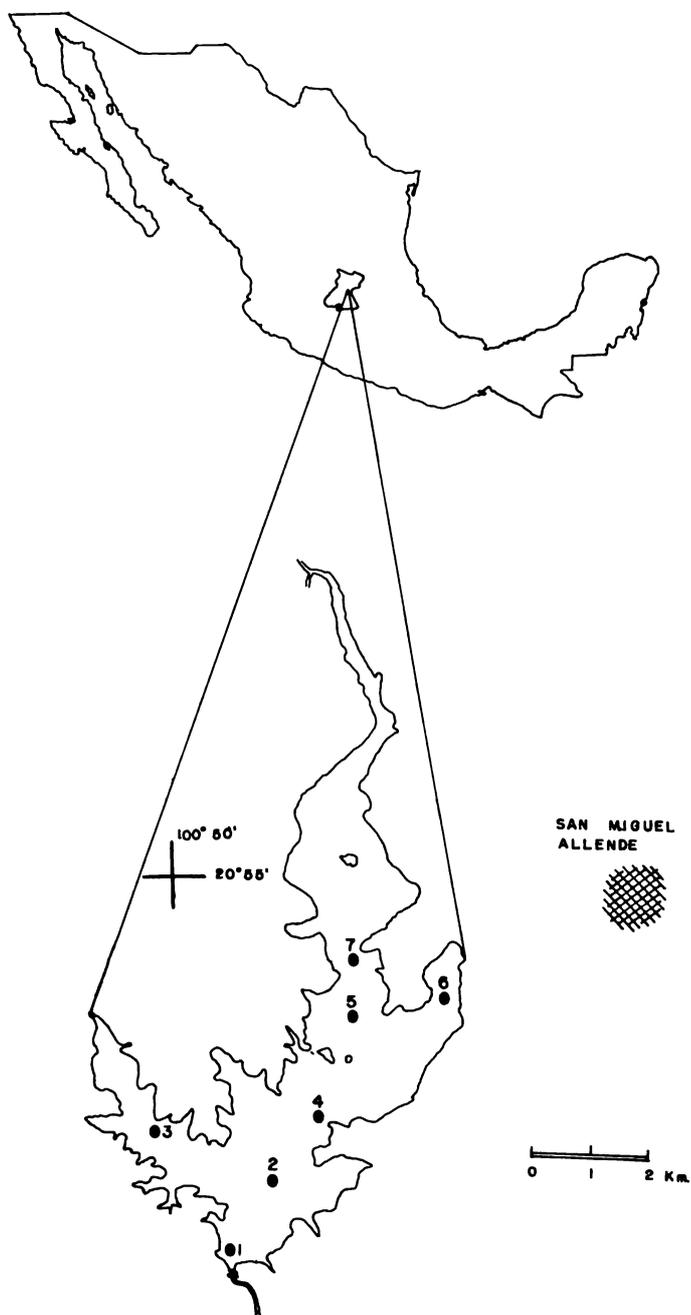


FIG. 1. Situación geográfica de la presa Begonias, Guanajuato. Los números señalan la ubicación de las estaciones de muestreo.

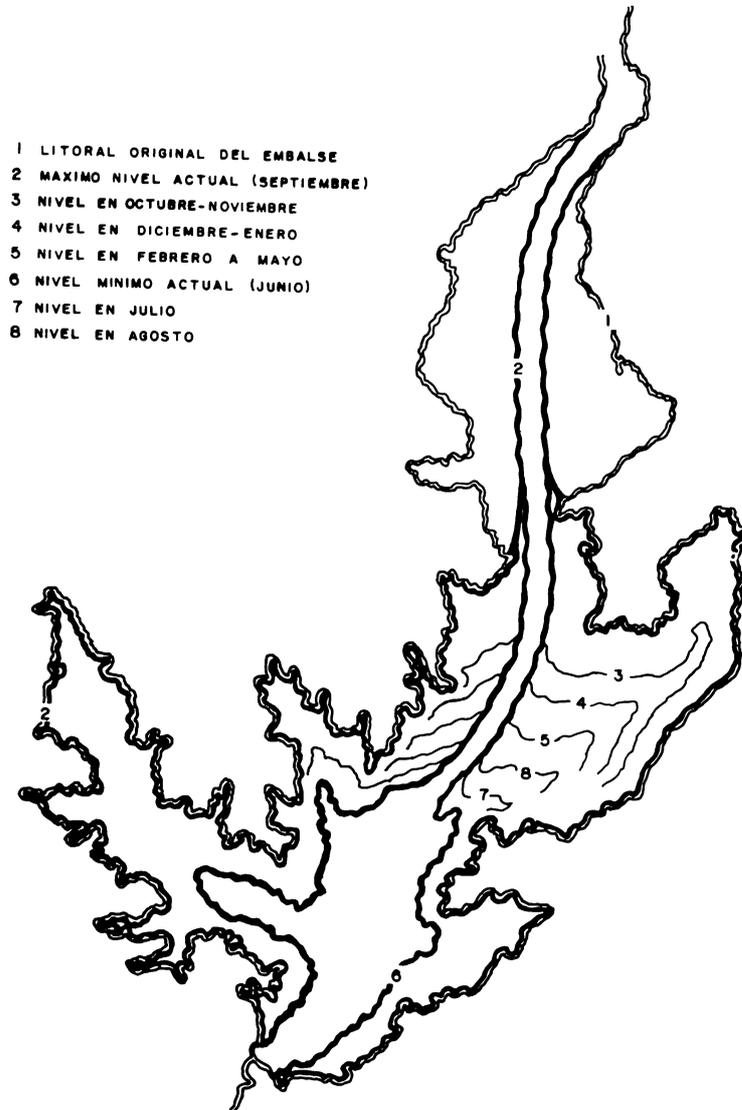


Fig. 2. Cambios morfométricos mensuales de la presa Begonias, Guanajuato.

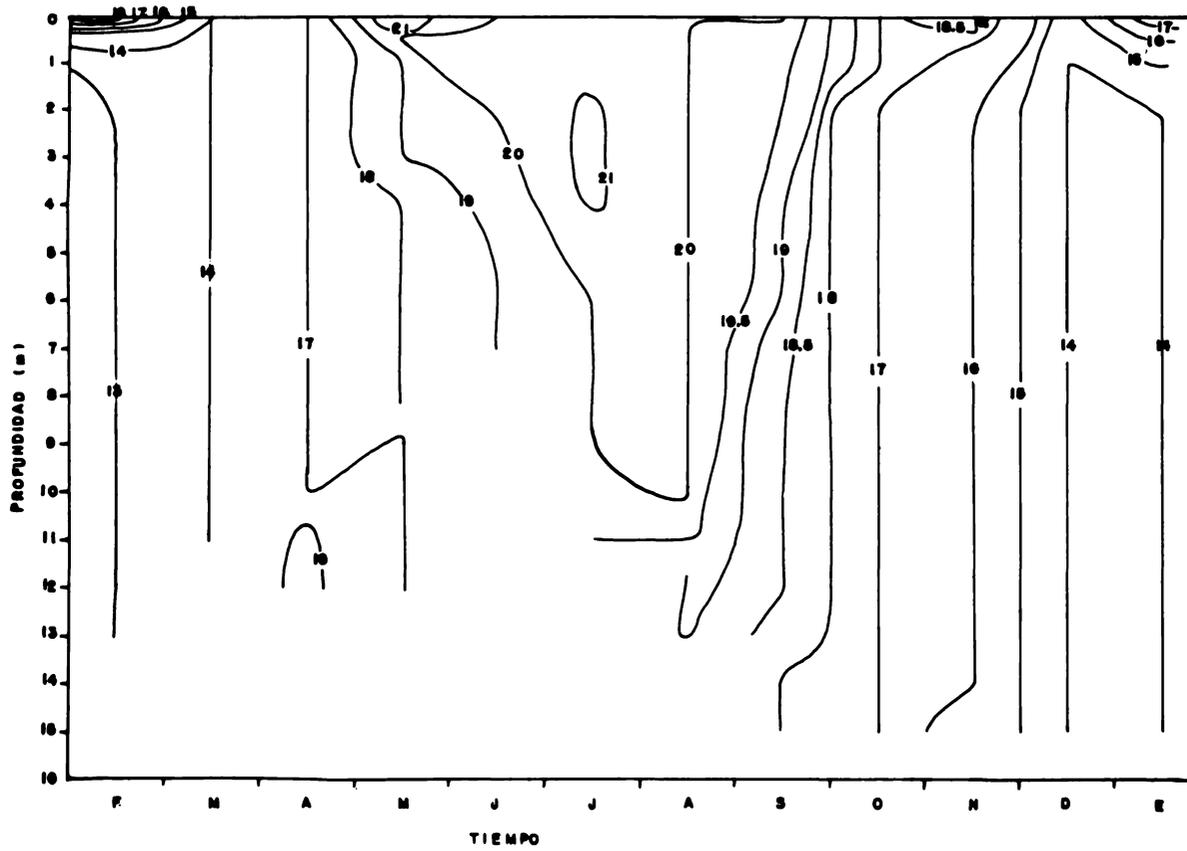


FIG. 3. Ciclo estacional de temperatura en la estación dos, presa Begonias, Guanajuato.

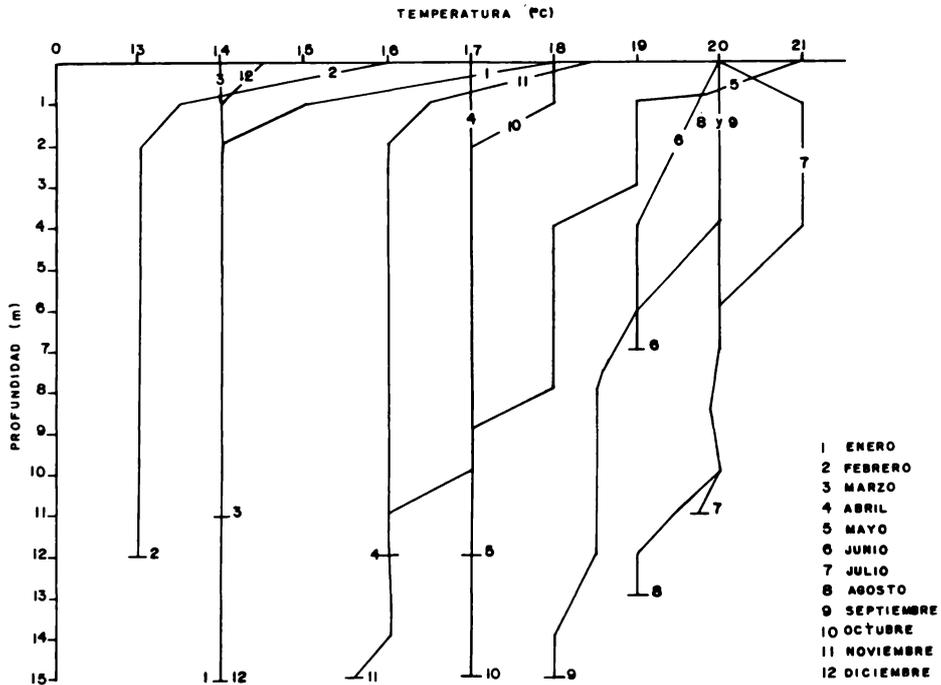


FIG. 4. Perfil térmico en la estación dos, presa Begonias, Guanajuato.

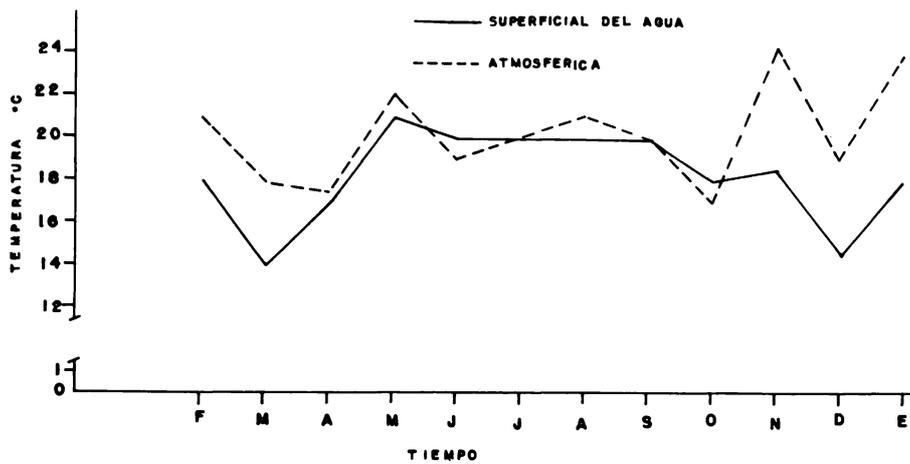


FIG. 5. Relación de las temperaturas del aire y superficie del agua en la estación dos, presa Begonias, Guanajuato.

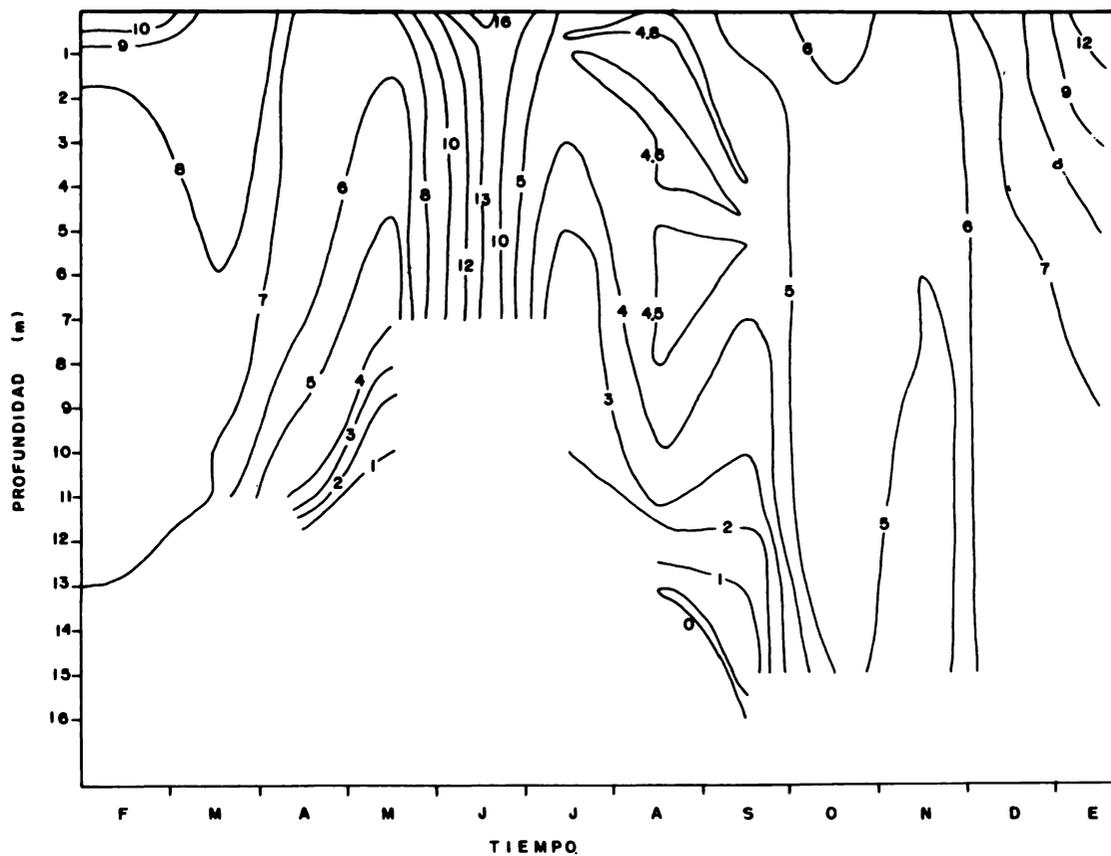


FIG. 6. Ciclo estacional de la concentración de oxígeno disuelto, presa Begonias, Guanajuato.

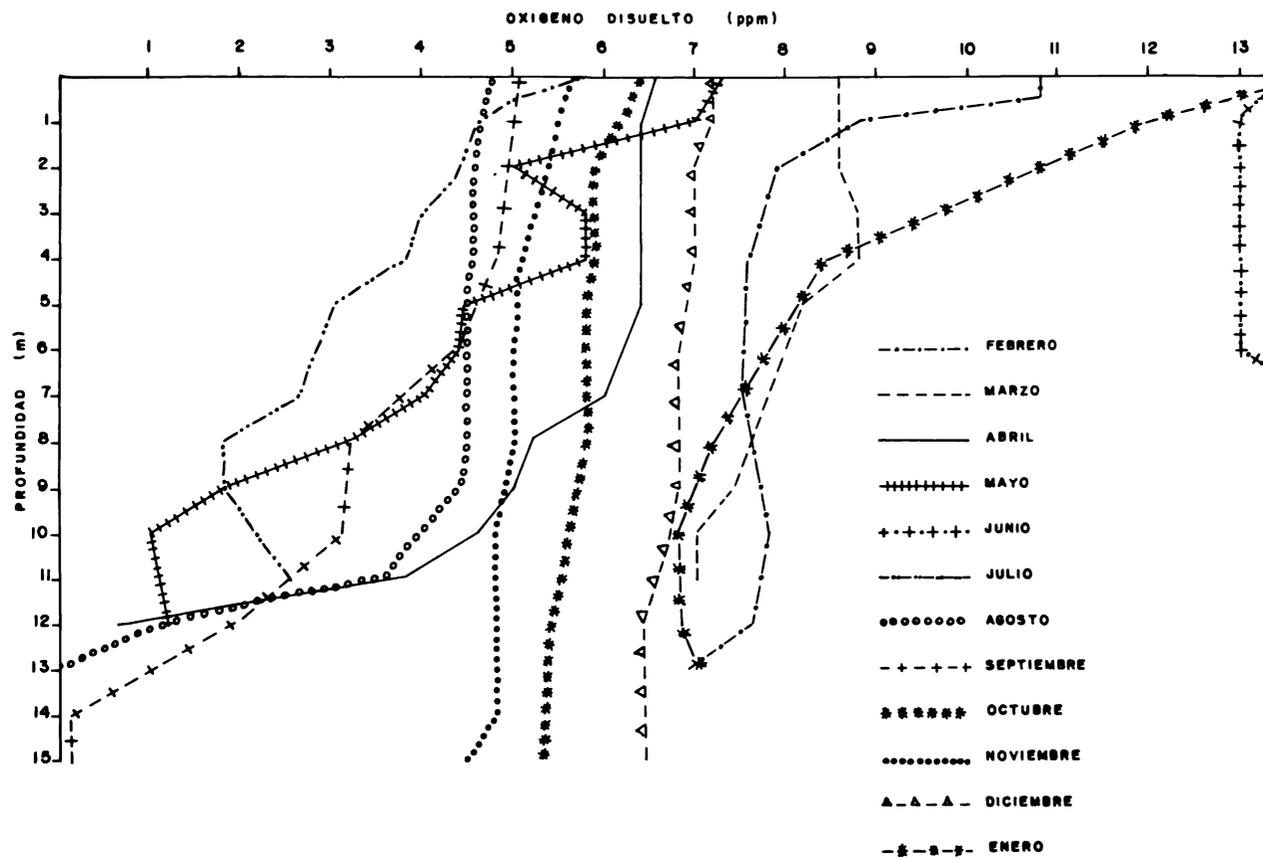


FIG. 7. Perfil de concentración de oxígeno disuelto en la estación dos, presa Begonias, Guanajuato. En los meses de enero y junio se determinaron más de 13 ppm, que no aparecen en la gráfica por ser este valor el de saturación.

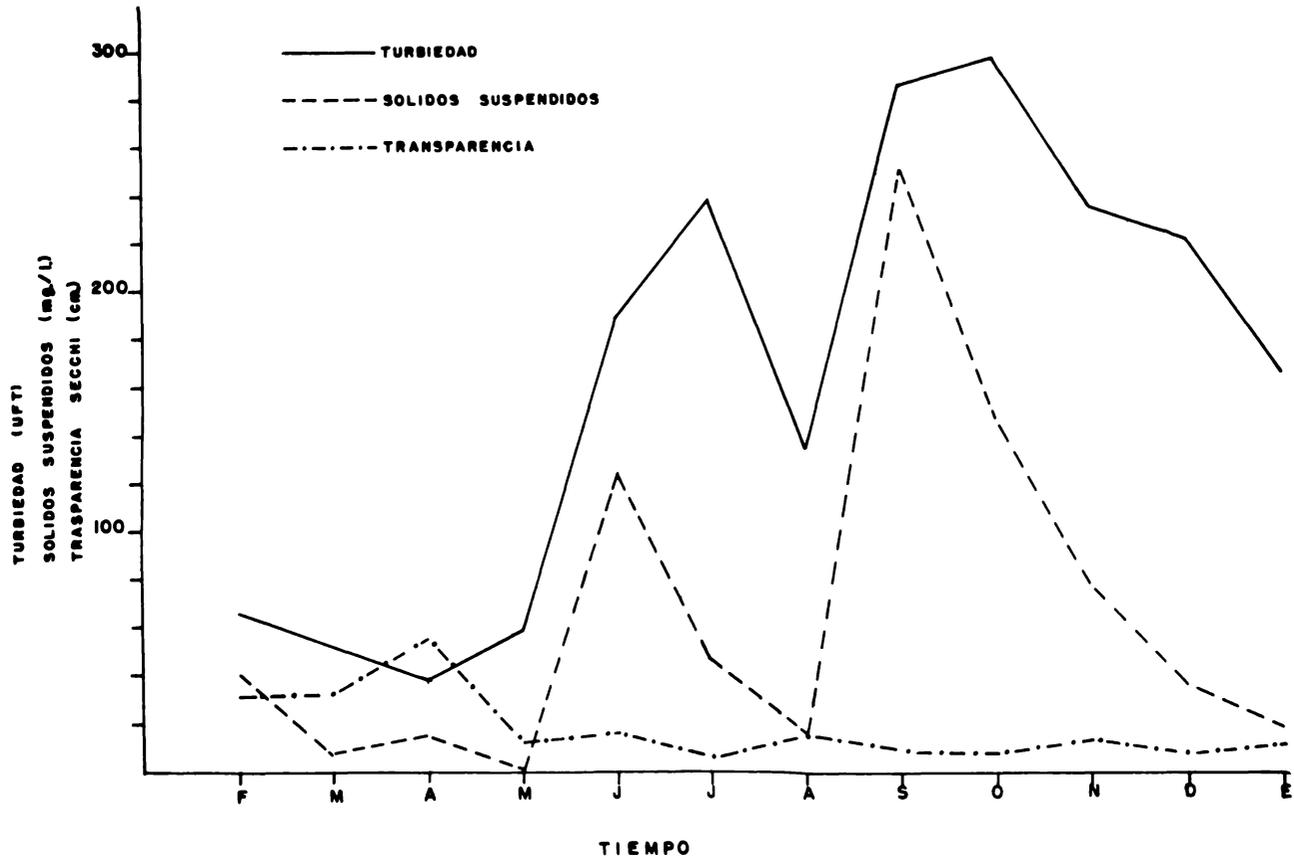


FIG. 8. Ciclo anual de valores promedio de turbiedad, sólidos suspendidos y transparencia, presa Begonias, Guanajuato.

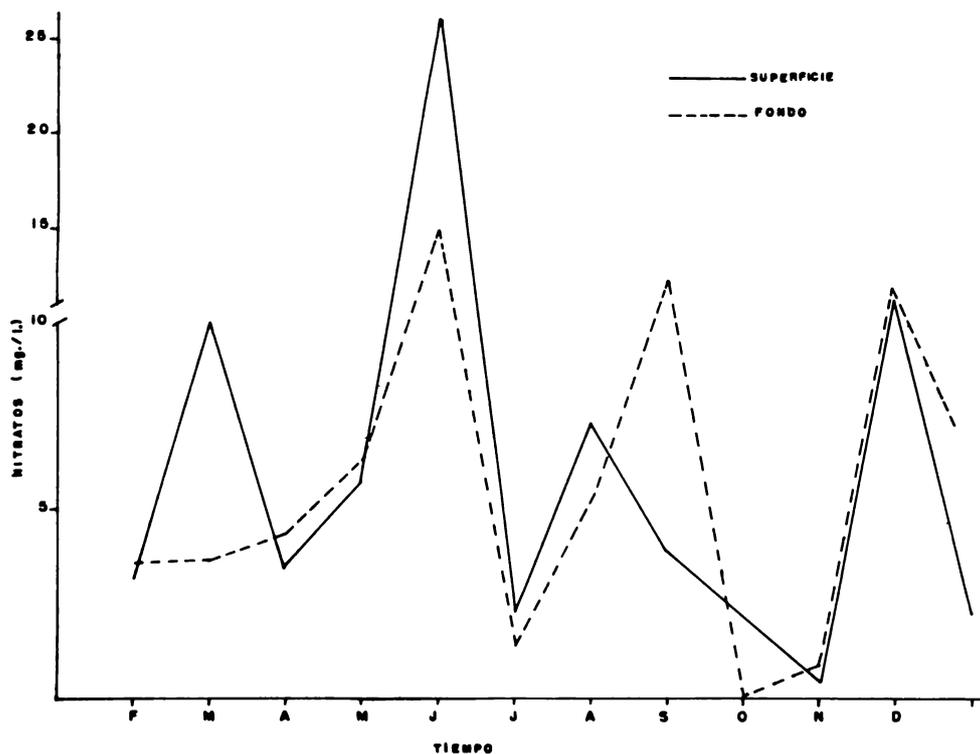


FIG. 9. Ciclo anual de valores promedio de nitratos superficiales y de fondo, presa Begonias, Guanajuato.

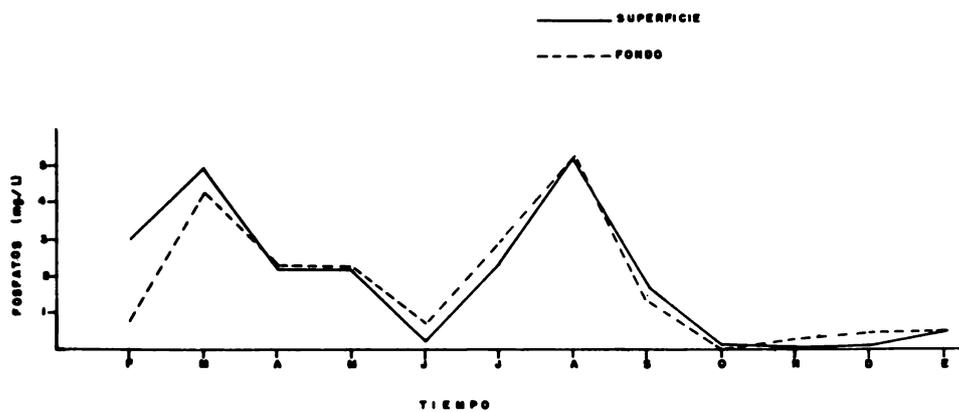


FIG. 10. Ciclo anual de valores promedio de fosfatos superficiales y de fondo, presa Begonias, Guanajuato.

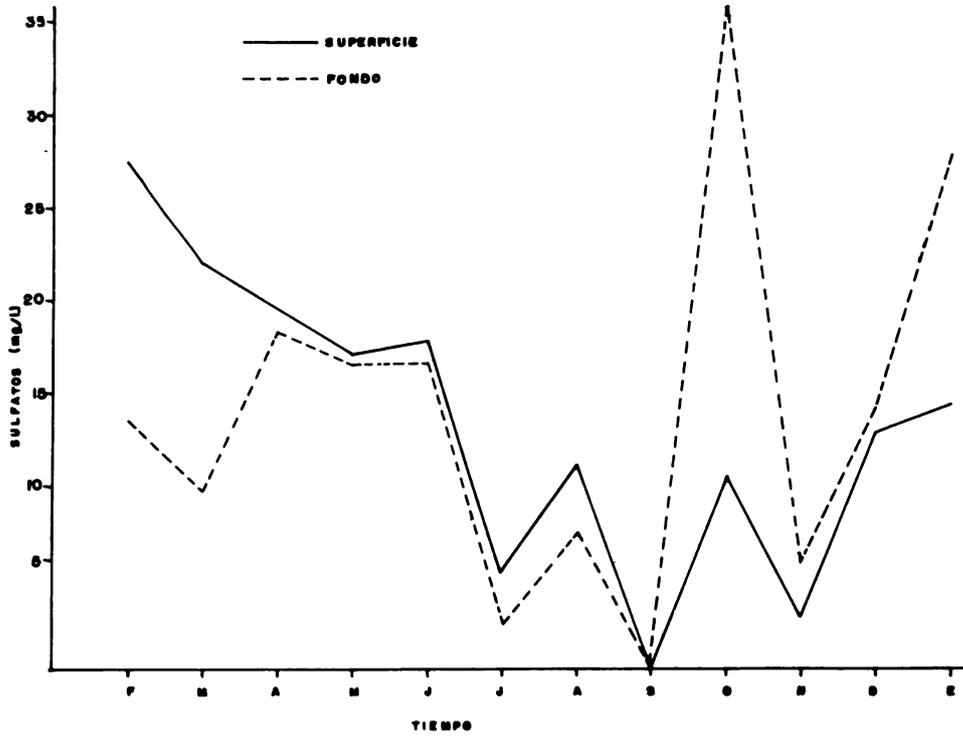


FIG. 11. Ciclo anual de valores promedio de sulfatos superficiales y de fondo, presa Begonias, Guanajuato.

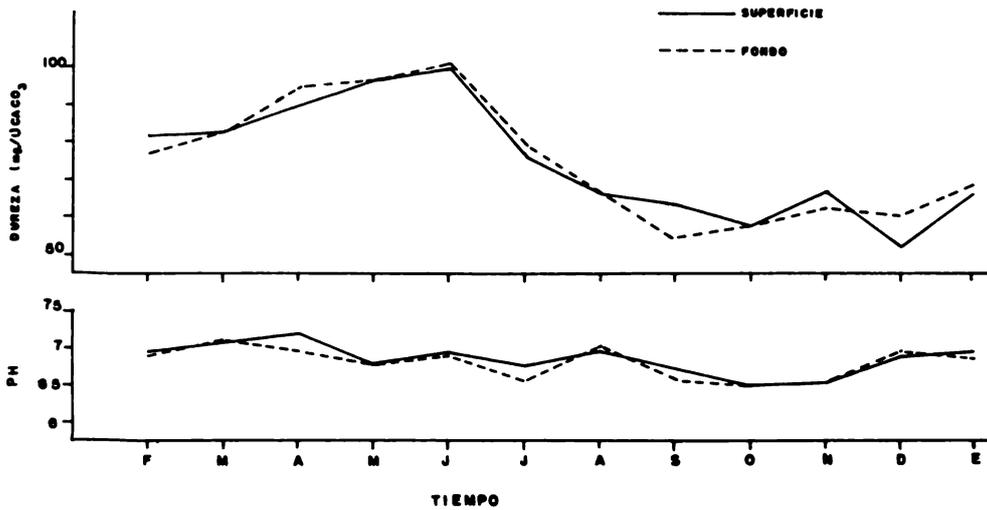


FIG. 12. Ciclo anual de valores promedio de dureza y pH superficiales y de fondo, presa Begonias, Guanajuato.