

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

ESTUDIO LIMNOLOGICO PRELIMINAR DEL EMBALSE  
ARTIFICIAL "CERRON GRANDE". EL SALVADOR,  
DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980

POR  
FRANCISCO ENRIQUE GUEVARA  
TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE :  
LICENCIADO EN BIOLOGIA

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, SEPTIEMBRE, 1983.



T  
551.482  
G939e

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

ESTUDIO LIMNOLOGICO PRELIMINAR DEL EMBALSE  
ARTIFICIAL "CERRON GRANDE". EL SALVADOR,  
DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980

FRANCISCO ENRIQUE GUEVARA  
TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE :  
LICENCIADO EN BIOLOGIA

DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO :

*[Handwritten signature]*  
ERNESTO LOPEZ ZEPEDA

ASESOR :

*[Handwritten signature]*  
ERNESTO LOPEZ ZEPEDA

JURADO :

*[Handwritten signature]*  
RICARDO ANTONIO OLIVERA MANZANARES

*[Handwritten signature]*  
CECILIO CARLOS RAMÍREZ

*[Handwritten signature]*  
NICOLAS JIMENEZ

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres,

A mi esposa María Rosario,

A mis hijos: Ana Lucía, Francisco Enrique, Juan Ignacio, José María.

A todos los colegas Biólogos, que colaboran con su Ciencia y su —  
trabajo eficiente y constante, a hacer un poco más habitable el me  
dio ambiente en que vivimos los salvadoreños, cuidando y aprove—  
chando todos los recursos naturales existentes.

AGRADECIMIENTOS

Es de reconocer la especial dedicación del M. E. S. Ernesto López Zepeda, quien como Asesor supo aconsejarme en todo momento; al Licenciado en Biología José Luis Salazar Linares, quien como compañero de trabajo de campo me proporcionó la información de los análisis Físico-Químicos; al Ingeniero Rafael Rubio, quien estuvo conmigo en algunos viajes de campo, ayudándome; al Centro de Desarrollo Pesquero, por el apoyo brindado, en cuanto al equipo, transporte al campo y la financiación del estudio; a los colegas biólogos y personal auxiliar de la Dirección General de Recursos Pesqueros, por sus consejos y ayuda recibida; a los técnicos de Canadian International Development Agency (C.I.D.A.), los biólogos Gordon Koshinsky y Richard Stanley, por su asesoría, suministro de equipo y parte de la literatura específica del tema del estudio; a las Secretarías de — IM—Servicios Secretariales, por mecanografiar el primer documento; a María del Carmen Orellana por editar y publicar la presente Tesis; a todos ellos mi agradecimiento, pues sin su apoyo, no se hubiera llevado a feliz término el presente trabajo.

## C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
3. MATERIALES Y METODOS .....	13
3.1. Etapa Preliminar .....	13
3.2. Descripción del Marco Físico .....	13
3.2.1. Estación Limnológica "Colima" .....	17
3.2.2. Estación Limnológica "San Cristobal" .....	19
3.2.3. Estación Limnológica "Suchitoto" .....	20
3.3. Determinación de Factores Físico-Químicos .....	21
3.3.1. Medidos inmediatamente en el Embalse .....	21
3.3.2. Medidos Posteriormente a la Extracción de la Muestra. ....	22
3.4. Determinación de Factores Biológicos .....	22
3.4.1. Transparencia por Método "Secchi" .....	22
3.4.2. Densidad del Plancton (análisis cualitativo y cuantitativo).....	23
3.4.3. Clorofila A .....	24
3.4.4. Perfil Bentónico .....	24
3.5. Determinación del Índice de Productividad Primaria. ....	25

	<u>Página</u>
3.5.1. Características de las Botellas	.... 25
3.5.2. Profundidades a Medir	.... 25
3.5.3. Extracción y Subsaturación del Oxígeno Disuelto en la Muestra	.... 26
3.5.4. Tiempo de Incubación	.... 28
3.5.5. Mediciones Finales	.... 28
3.5.6. Cálculos Experimentales	.... 28
3.5.7. Cálculo del Nivel de Compensación	.... 29
3.5.8. Cálculo del Índice Total y Neto de Productividad Primaria Instantánea.	.... 29
3.5.9. Cálculo del Índice Total y Neto de Productividad Primaria Integrada.	.... 31
 4. RESULTADOS	 .... 32
 4.1. Factores Físico Químicos	 .... 32
 4.1.1. Perfil de Temperatura y Oxígeno Di- suelto contra la Profundidad	 .... 32
4.1.2. Acido Sulfhídrico (SH <sub>2</sub> )	.... 37
4.1.3. Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	.... 37
4.1.4. Bicarbonato (CO <sub>3</sub> HNa)	.... 41
4.1.5. pH	.... 41
4.1.6. Nitrógeno	.... 41
4.1.7. Conductividad	.... 42
 4.2. Factores Biológicos	 .... 42
4.2.1. Valores del Disco Secchi	.... 42

	<u>Página</u>
4.2.2. Fitoplancton	.... 44
4.2.3. Clorofila A	.... 44
4.2.4. Zooplancton y Bentos	.... 44
4.3. Índice de Productividad Primaria	..... 51
5. DISCUSION	..... 61
6. CONCLUSIONES	..... 89
7. RECOMENDACIONES	..... 93
8. RESUMEN	..... 95
9. ABSTRACT	..... 97
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	..... 99
11. ANEXO: GLOSARIO LIMNOLOGICO	..... 107

LISTA DE CUADROSPágina

1.	Cronograma de las actividades y muestreos de campo	14
2.	Perfil de temperatura y oxígeno disuelto contra la profundidad para la estación limnológica "San Cristóbal"	33
3.	Perfil de temperatura y oxígeno disuelto contra la profundidad para la estación limnológica "San Cristóbal".	34
4.	Perfil de temperatura y oxígeno disuelto contra la profundidad para la estación limnológica "Suchitoto"	35
5.	Parámetros físico-químicos determinados en la estación limnológica "Colima".	38
6.	Parámetros físico químicos determinados en la estación limnológica "San Cristóbal"	39
7.	Parámetros físico químicos determinados en la estación limnológica "Suchitoto"	40
8.	Valores de transparencia por el método Secchi del embalse "Cerrón Grande"	43
9.	Análisis cualitativo de fitoplancton del embalse "Cerrón Grande"	45
10.	Análisis cuantitativo de fitoplancton en la estación limnológica "Colima"	46
11.	Análisis cuantitativo de fitoplancton en la estación limnológica "San Cristóbal"	47
12.	Análisis cuantitativo de fitoplancton en la estación limnológica "Suchitoto"	48
13.	Concentraciones de clorofila A del embalse "Cerrón Grande"	49



14.	Densidad promedio de poblaciones de zooplancton del embalse "Cerrón Grande".	50
15.	Valores de bentos del embalse "Cerrón Grande"	52
16.	Valores experimentales obtenidos en la determinación de la productividad primaria para las estaciones limnológicas "San Cristóbal" y "Suchitoto"	53
17.	Valores calculados en la determinación de la productividad primaria para estimar el nivel de <u>com</u> pensación en las estaciones limnológicas "San -- Cristóbal" y "Suchitoto"	54
18.	Indices totales y netos de productividad primaria instantánea para las estaciones limnológicas "San Cristóbal" y "Suchitoto".	57
19.	Indices totales y netos de productividad primaria integrada para las estaciones limnológicas -- "San Cristóbal" y "Suchitoto"	59
20.	Relación entre el índice de productividad primaria con biomasa para las estaciones limnológicas "San Cristóbal" y "Suchitoto".	78
21.	Indices de productividad primaria de lagos tropicales y templados, comparados con los del embalse "Cerrón Grande".	84
22.	Clasificación de los cuerpos de agua según su <u>gra</u> do de troficidad determinado principalmente por -- los índices de productividad primaria.	88

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
1. Ubicación geográfica de la República de El Salvador y sus principales accidentes hidrográficos.	15
2. Ubicación geográfica del embalse "Cerrón Grande", - dentro de El Salvador, con sus estaciones de muestreo.	18
3. Aparejo experimental para sostener flotando en incubación los cuatro pares de botellas clara oscura en la profundidad adecuada para medición de la productividad primaria.	27
4. Variación en el tiempo del perfil de temperatura y oxígeno disuelto del embalse "Cerrón Grande".	36
5. Variación en el tiempo del nivel de compensación en las estaciones limnológicas "San Cristóbal" y "Suchitoto".	55
6. Variación en el tiempo de los índices de productividad primaria instantáneos, tanto totales como netos, para las estaciones limnológicas "San Cristóbal" y "Suchitoto".	58
7. Comparación en el tiempo de los índices de productividad primaria integrados, tanto totales como netos, con los parámetros físicos, químicos y biológicos del embalse "Cerrón Grande".	65
8. Variación en el tiempo de los nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal en el embalse "Cerrón Grande".	75

## 1. INTRODUCCION

En un intento de obtener un mejor conocimiento limnológico de uno de los cuerpos de agua de El Salvador, se ha realizado el presente estudio en el embalse artificial "Cerrón Grande", construido con fines de aprovechamiento de la energía hidroeléctrica por la Comisión Hidroeléctrica del Río Lempa (C.E.L.) en 1974.

El presente estudio fue realizado dentro de la Dirección General de Recursos Pesqueros, de El Salvador, con asesoría de técnicos de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (C.I.D.A.) y del Departamento de Biología de la Universidad de El Salvador.

Para la evaluación limnológica de este embalse, se escogió hacer énfasis en la productividad primaria, determinada por el método de la evolución del oxígeno producido en procesos fotosintéticos, - mejor conocido por Método de "las botellas clara obscura", por considerarlo básico en la limnología de los cuerpos de agua, tanto naturales como artificiales.

Por lo tanto, el objetivo que se persigue es evaluar la condición limnológica del embalse "Cerrón Grande", mediante la determinación de diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos.

Para ello se han delimitado tres objetivos específicos que pretenden dar a este trabajo un alcance amplio dentro de la investigación biológica, con todas las limitantes que pueda tener; siendo éstos los siguientes:

- I.1. Aplicación de una metodología sencilla para la evaluación del parámetro biológico de la productividad primaria en el embalse "Cerrón Grande", mediante la determinación de un índice — biológico--matemático.
  
- I.2. Relacionar el índice de productividad primaria del embalse -- "Cerrón Grande" con los otros parámetros limnológicos determi<sup>n</sup>ados en él.
  
- I.3. Obtención de un registro de parámetros limnológicos del embal<sup>s</sup>e "Cerrón Grande" que pueda servir de base para estudios pos<sup>t</sup>eriores, estableciendo así continuidad a esta investigación.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

Un cambio importante en los ecosistemas en el mundo, es la construcción de embalses en los ríos, los cuales según señala Dasmann et al. (1974) son potencialmente realizables en las tres cuartas partes de tierra del planeta.

Una vez construidos y que han llevado a cabo sus procesos de estabilización se comportan limnológicamente como cualquier cuerpo de agua natural de tipo léntico, que son un potencial para el hombre al utilizarlo en riegos, obtención de energía hidro-eléctrica, pesca, acuicultura, turismo y transporte (Odum, 1972).

Los cambios más importantes que los embalses ocasionan al ecosistema natural existente en una región son dos, según López (1978): la creación de un lago donde antes había río y la alteración de la calidad de agua debido al estancamiento del gran volumen de agua embalsado.

López (1978) y Dasmann et al. (1974) aseguran que tales cambios del ecosistema natural alteran los ciclos de vida o aún ocasionan la pérdida de especies migratorias, dominancia de pocas especies algales dentro del fitoplancton al convertirse en plagas por su crecimiento exagerado, aumento de sedimentación del fondo, una gran actividad en la descomposición de la materia orgánica de la zona inundada y reservorios de vectores de plagas que causan problemas de salud a las poblaciones humanas.

Según O. N. U. (1971) y Dasmann et al. (1974) son necesarios

además de los estudios previos tanto de topografía como de diseño - de construcción del dique, estudios ecológicos de la zona y de la - limnología del río, diseñar si es necesario trampas o pasos para pe ces migratorios, o cualquier otra medida que minimice la alteración ecológica provocada en la zona.

Los embalses artificiales de reciente creación están considerados como muy productivos por poseer una productividad primaria alta (Odum, 1972).

La productividad primaria de un lago natural o de un embalse - artificial está dada por dos diferentes tipos de organismos autótrofos: el fitoplancton algal o las plantas macrófitas, las que según Boyd (1971) tienen tanta o mayor importancia que las primeras; pero la mayoría de estudios están orientados a considerar el fitoplancton como casi únicos productores primarios.

La razón que la mayoría de estudios de productividad primaria sean de fitoplancton se debe a que éstos por estar en la zona limné tica de los lagos, ocupan la mayor extensión de éstos y existiendo mayor facilidad para la aplicación de las diferentes metodologías - de medición de la productividad primaria en ellos, los hace más rá- pidamente objetos de investigación limnológica.

Muchos investigadores como Lewis (1978) consideran que la pro- ductividad primaria puede servir para medir cambios en las etapas - de una sucesión en el ecosistema y para la determinación del clímax ecológico, toda vez que se lleven registros continuos de ella a través del tiempo.

La importancia del conocimiento periódico de la productividad primaria la corroboran López & González (1978) al establecer relaciones ecológicas entre diferentes índices de productividad primaria con biomasa (P/B) y productividad primaria con respiración de la comunidad biótica (P/R), afirmando que si P/B es alta el ecosistema está en etapas de desarrollo sucesional y si es baja está en clímax; y con respecto a P/R, si es mayor o menor que I.O el ecosistema está en etapas de desarrollo y si se aproxima a I.O está en clímax; estos índices son para ecosistemas no acuáticos, pero son igual aplicable a los acuáticos.

Todos los factores abióticos así como los bióticos y las relaciones que se dan entre ellos dentro del ecosistema funcionan en una íntima relación, de manera que todos los componentes del ecosistema están en mutua interdependencia, notándose especialmente en los ecosistemas acuáticos (Smith, 1966).

Según el esquema de Smith (1966), la productividad primaria en los ecosistemas es la trófica principal, pues es la entrada de energía del ambiente al ecosistema, lo que significa que si es alta la capacidad de sostenimiento del ecosistema para los demás niveles tróficos, será alta también (Odum, 1972); además según Margalef (1974) una alta productividad primaria hace que un cuerpo de agua se eutrofique.

Así como la productividad primaria es el componente principal del ecosistema, también para que ella se realice depende a su vez de los demás componentes; así necesitará de los nutrientes inorgá-

nicos disueltos como nitratos y fosfatos, precursores de la síntesis proteica celular y de moléculas almacenadoras de energía respectivamente (Odum, 1972).

También la productividad primaria dependerá de la presencia del  $\text{CO}_2$  del medio, compuesto importante en fotosíntesis, así como de un pH adecuado y una temperatura alta, como demuestra esto último Beadle (1974) en sus comparaciones de productividad primaria determinada en lagos Africanos, donde demuestra ser más alta que la de los lagos templados por efecto de una mayor temperatura.

Otro factor químico que se relaciona con la productividad primaria, es el oxígeno disuelto, por ser un producto de desecho de la fotosíntesis (Odum, 1972) y como reactivo importante en la respiración de todos los organismos vivos del ecosistema) por lo que todos ellos dependen no solo de la productividad primaria, sino de las zonas del lago donde ésta se produce (Odum, 1972).

La conductividad del agua influencia, según Ewert (1978), a la productividad primaria, aunque de una manera indirecta, ya que conductividades más altas de 200 micromhos/centímetro, garantizan una gran actividad biológica en un lago y por lo tanto altas productividades primarias.

El factor más importante del que depende la productividad primaria es la luz, ya que sin ella no se realizaría la fotosíntesis (Bastin, 1970); la cantidad de luz que penetra en el agua determina la zonación vertical de los lagos (Odum, 1972); la cantidad de luz que recibe el lago así como el tiempo de exposición en el día (foto



período determina el por qué los lagos templados son menos productores primarios que los tropicales (Beadle, 1974).

La contaminación orgánica puede incrementar la productividad primaria, pues aumentan las cantidades de nutrientes inorgánicos al descomponerse la materia orgánica, como demuestran Beadle (1974) en un lago templado contaminado de Dinamarca y Sreenivasan (1964) con un lago tropical de altura en India.

Para determinar la productividad primaria de un cuerpo de agua, existen muchos métodos, los cuales se agrupan en indirectos y los directos; los primeros consisten en determinar un factor que tenga influencia sobre la productividad primaria y han sido empleados por muchos limnólogos, entre los que sobresalen Welch (1948), Welch (1963), Ruttner (1964), Sreenivasan (1964), Russell-Hunter (1973), Beadle (1974) y Vollenweider et al. (1974).

Los parámetros a determinar como métodos indirectos de productividad primaria son nitratos, fosfatos, alcalinidad, pH, CO<sub>2</sub>, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura, los cuales pueden ser medidos en el agua periódicamente en un lugar y en varias profundidades una vez en cada ocasión, como recomienda la mayoría de limnólogos; o como recomienda Vollenweider et al. (1974) en un lugar, en varias profundidades, realizando en un período de 24 horas diferentes mediciones, realizando tales pruebas periódicamente, determinando así variación de el parámetro en un corto período.

Otro factor de medición indirecta de la productividad primaria es la determinación de la transparencia del agua o método Secchi, -

pues entre menos transparencia, más células fitoplanctónicas que limitan el paso de la luz en el agua y por lo tanto mayor productividad primaria (Odum, 1972); Margalef (1972) sugiere medir la productividad primaria con las botellas Clara-Obscura según los valores - Secchi y dice que tal valor es donde la luz solar que llega a la superficie se convierte en 16%.

Beeton (1957) en el lago Hurón mide valores Secchi relacionán-  
dolos con mediciones con un fotómetro y concluye que el valor Secchi  
es donde la luz solar que llega a la superficie se hace 14%; Fraga  
(1979a ) detalla limitante del método Secchi, en el sentido de que  
cuando un lago tenga arcilla en disolución, el método no indica el  
valor cualitativo de la productividad primaria, pues la disminución  
de la transparencia se deberá a la arcilla no sólo al fitoplancton;  
Fraga (1979b) compara mediciones Secchi con determinaciones de pro-  
ductividad primaria, diciendo que a menor valor Secchi, debido a fi  
toplancton, mayor será la productividad primaria.

Los métodos directos de determinación de la productividad pri-  
maria son aquellos que miden un factor que interviene directamente  
en la reacción general de fotosíntesis.

Así, se puede determinar los organismos autótrofos del fito-  
plancton, con un análisis cualitativo o cuantitativo, los que cual-  
quier trabajo de Limnología, deben llevar, acompañados por paráme-  
tros físico-químicos para correlacionarlos entre los trabajos que -  
se pueden mencionar están los realizados en lago Güija, El Salvador  
por Hernández & De Georges (1975a), y López et al. (1975) y en em-

embalse "5 de Noviembre", El Salvador por Hernández & De Georges (1975b).

También se puede determinar la clorofila A, como un factor cuya mayor presencia es indicadora de una alta productividad primaria; este método de gran sofisticación es descrito por Strickland & Parsons (1972) y del cual lo realizan muchos limnólogos, entre los cuales sobresale Beadle (1974) que reporta el valor máximo de clorofila A en el lago Araguadi, Etiopía de 221 a 325 mg./Lt.

Otro método de gran sofisticación para medir productividad primaria, es el descrito por Strickland & Parsons (1972) y Vollenweider et al. (1974), denominado del "Carbono 14", el cual consiste en sustituir el carbono 12 normal de una muestra de agua del lago por su isótopo, carbono 14 que es radioactivo, en el CO<sub>2</sub>; para luego detectar con radioactividad la cantidad de glucosa producida (o el carbono radioactivo asimilado en ella); utilizan este método Funk & Gaufin (1971) en un embalse de clima templado en U.S.A.; Taylor (1971) en seis lagos templados de U.S.A.; y Goldman (1960) en tres lagos Árticos de Alaska; reportándose, tanto en lagos templados como árticos valores de productividad primaria muy bajos con respecto a los lagos tropicales de Africa (Beadle, 1974) o la India (Sreenivasan, 1964).

El último método directo para determinación de productividad primaria, es el de "las botellas Clara-Obscura" o de "la evolución del oxígeno fotosintético", del cual se obtienen datos en las mismas unidades del método del "carbono 14" en mg. de carbono asimila-

do en fotosíntesis (en la glucosa) por metro cuadrado por día.

Se basa en medir el cambio de oxígeno de dos muestras aisladas en la unidad de tiempo; cambio que se debe a la fotosíntesis realizada en la muestra, cuyo oxígeno producido es proporcional al carbono asimilado en fotosíntesis (Vollenweider et al., 1974).

Este método fue utilizado por primera vez por Gran (noruego) y Clyde (escoses), según sostiene Russell-Hunter (1973), quien a su vez aplica el método en Oceanografía, lo mismo Margalef (1972) — quien lo relaciona con el método Secchi, como se mencionó antes.

Dugdale & Wallace (1960) aplican el método en lagos de Alaska, utilizando tiempos de incubación de 24 horas, lo que les dió datos erróneos, por crecimiento bacteriano en las muestras, como apuntan Strickland & Parsons (1972) y Vollenweider et al. (1974).

Hepher (1962) en Israel, aplica el método en estanques piscícola fertilizados y no fertilizados, relacionando fertilidad de los estanques a productividad primaria, dando el valor máximo de productividad primaria para cultivos intensivos de masa algal en plantas experimentales en Israel de 8000 mg. de carbono/Mt<sup>2</sup>./día.

Sreenivasan (1964) en India, aplica el método en tres lagos tropicales de altura, relacionándolo a otros parámetros limnológicos y a situaciones de contaminación; Stoker et al. (1972) hace una descripción simple del método; Odum (1972) lo menciona en detalle; Strickland & Parsons (1972) y Vollenweider et al. (1974), lo describen en detalle con sus limitantes, cálculos y precauciones a tomar

al realizarlo.

Funk & Gaufin (1971) compara el método de las "botellas Clara Obscura" con el del "carbono 14" en el mismo embalse templado de Wyoming, U.S.A., no encontrando diferencias en los datos de uno y otro método; Beadle (1974) lo aplica en lagos tropicales de tierras bajas y de altura en Africa, comparando tales valores a los obtenidos en lagos templados de otros lugares, donde se aplicó indistintamente el de "las botellas Clara-Obscura" como el del "carbono 14", demostrando que en los lagos con mayores temperaturas reportadas, mayor iluminación solar y con contaminación orgánica presente, se obtienen los mayores valores de productividad primaria.

También Beadle (1974) señala que el valor de productividad primaria puede tener dos concepciones: la productividad primaria "instantánea" que es la de una profundidad determinada; y otra es la "integrada" que es la resultante de integrar los valores o índices instantáneos contra la profundidad en un sólo valor numérico; Pérez & Mantovani (1976) en Argentina y Fee (1969) en U.S.A., elaboran modelos matemáticos de los métodos de productividad primaria, aplicable para análisis por computadora.

Además de los trabajos limnológicos realizados en El Salvador, mencionados anteriormente, está el de Castro & Robinson (1976), que describen la situación limnológica del río Lempa, antes de la construcción del embalse "Cerrón Grande", mostrando contaminación química proveniente de tributarios del río Lempa; el de Ewert (1978), que describe la situación limnológica después de la cons---

trucción del mismo embalse y señalando también contaminación química de los tributarios del río; y el de García et al. (1973), que describe la flora y fauna acuática de la parte baja del río Lempa.

También reportan datos limnológicos valiosos los estudios realizados en afluentes del río Lempa, aguas arriba del embalse "Cerrón Grande", Ewert (1978) y García & Robinson (1975), donde detallan la gran contaminación orgánica, proveniente de actividades domésticas, y agro-industriales realizadas en la cuenca del embalse "Cerrón Grande" y cuyos productos de desecho son vertidos a esos afluentes y luego al embalse.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Etapa Preliminar.

Se realizaron tres viajes previos de reconocimiento, donde se seleccionaron las estaciones de muestreo y se delimitó la periodicidad de los mismos, mediante un cronograma de actividades de campo (cuadro 1).

Las pruebas limnológicas que se realizaron en los muestreos - en las estaciones seleccionadas fueron de tres tipos: Físico-químicas, Biológicas, y determinación del índice de productividad primaria.

Para tales muestreos se utilizó una lancha plana de aluminio, de 4 metros de eslora, con motor fuera de borda de 25 caballos de fuerza.

La determinación de productividad primaria fue únicamente realizada en las estaciones limnológicas de "San Cristóbal" y "Suchitoto" debido a limitación de tiempo y equipo durante los viajes.

#### 3.2. Descripción del Marco Físico.

El embalse "Cerrón Grande" está ubicado en El Salvador, país de 21.963 kilómetros cuadrados (Gierloff-Emden, 1976), entre 13<sup>a</sup> 10' y 14<sup>a</sup> 25' latitud norte y 89° longitud oeste (Gierloff-Emden, 1976), donde habitan 4.5 millones de personas (Ewert, 1978), (figura 1).

CUADRO No. 1CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES Y MUESTREOS DE CAMPO

ESTACION "COLIMA"		ESTACION "SAN CRISTOBAL"		ESTACION "SUCHITOTO"	
24 de Julio	1979	24 de Julio	1979	10 de Julio	1979
28 de Agosto	1979	28 de Agosto	1979	14 de Agosto	1979
4 de Octubre	1979	24 de Septiembre	1979	11 de Septiembre	1979
25 de Octubre	1979	25 de Octubre	1979	9 de Octubre	1979
27 de Noviembre	1979	27 de Noviembre	1979	13 de Noviembre	1979
11 de Diciembre	1979	11 de Diciembre	1979	13 de Diciembre	1979
7 de Febrero	1980	7 de Febrero	1980	17 de Enero	1980
19 de Febrero	1980	19 de Febrero	1980	21 de Febrero	1980



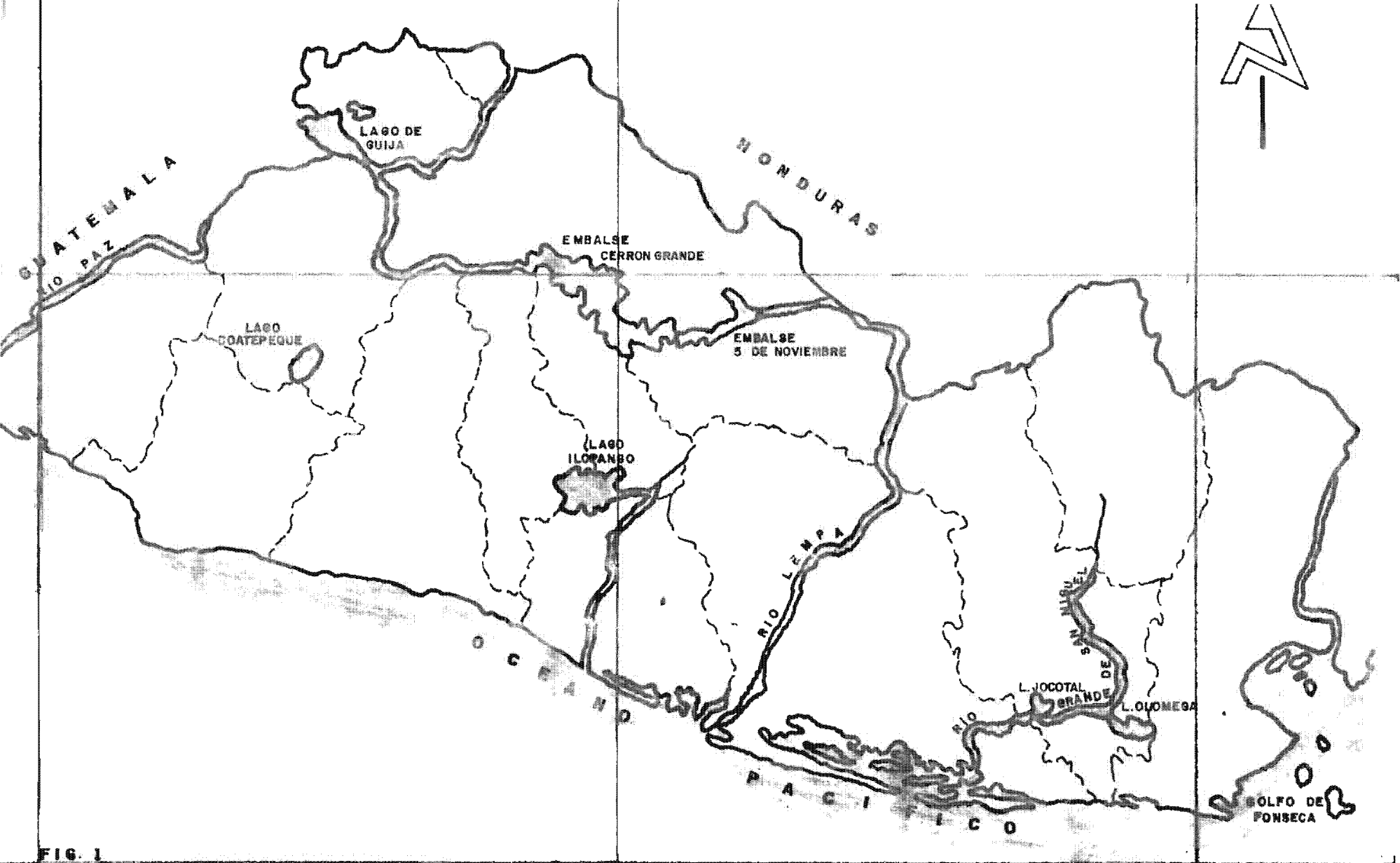


FIG. 1

UBICACION GEOGRAFICA DE LA  
REPUBLICA DE EL SALVADOR Y  
SUS PRINCIPALES ACCIDENTES  
HIDROGRAFICOS.

Escala 1:700.000

El río Lempa, el más grande y caudaloso del país, nace al noroeste del mismo, en la república de Guatemala, pasando a Honduras - en un corto trayecto, para luego entrar a El Salvador, donde recorre 260 kilómetros de noroeste a sur, hasta desembocar justo a la mitad de los 300 kilómetros de costa salvadoreña en el Océano Pacífico (Gierloff-Emden, 1976; Castro & Robinson, 1976).

La cuenca del río Lempa perteneciente a El Salvador es de 10,000 kilómetros cuadrados, según Ewer (1978) y Castro & Robinson (1976).

Para obtención de energía eléctrica, se construyó en el río Lempa, justo a la mitad de los 260 kilómetros de recorrido del río, el embalse "5 de Noviembre"; posteriormente el embalse "Guajoyo", en el lago Güija, en la parte alta de la cuenca del río Lempa, entre los años de 1954 a 1959.

Al aumentar la demanda de energía eléctrica, se construyó el embalse "Cerrón Grande", en 1974 (C.E.L., 1974), 30 kilómetros aguas arriba del primero y para 1982 estará terminado el embalse "San Lorenzo", 50 kilómetros aguas abajo del embalse "5 de Noviembre".

El embalse "Cerrón Grande" (Figura 2) tiene su dique o represa a 13° 25' 20" latitud norte y 88° 54' 25" longitud oeste (Osorio, 1973), con un área espejo de agua de 135 kilómetros cuadrados (C.E.L., 1974) y una cuenca de 8350 kilómetros cuadrados (Osorio, 1973).

La elevación sobre el nivel del mar de su dique es de 130 metros y su punto más alejado, el puente "Colima", 38 kilómetros aguas arriba, a 240 metros (Castro & Robinson, 1976).

El clima de la zona del embalse "Cerrón Grande" es una planicie interna tipo  $A_{w_{aig}}$ , según el sistema Köppen, con dos estaciones o épocas climatológicas: una lluviosa, desde Abril a Septiembre, y otra seca o no lluviosa, desde Octubre a Marzo (M.A.G., 1981); teniendo en los meses de Octubre a Noviembre su máximo nivel de agua, a 243 metros sobre el nivel del mar y su mínimo nivel en los meses de Abril y Mayo a 231 metros (C.E.L., 1979).

Las estaciones de muestreo limnológico fueron escogidas en tres lugares de ambientes similares entre sí y aproximadamente a igual distancia una de otra; en la parte "limnética" del embalse, donde la productividad primaria está realizada principalmente por fitoplancton algal (Figura 2).

### 3.2.1. Estación Limnológica "Colima".

Ubicada a 38 kilómetros aguas arriba del dique y a 2 kilómetros aguas abajo del puente "Colima", muy cerca donde se considera que empieza el embalse "Cerrón Grande" (Figura 2).

Su ancho fluctúa en el año entre 0.5 a 0.8 kilómetros y su profundidad media entre 8 a 14 metros.

Sus aguas poseen un color café con abundante olor a materia orgánica en descomposición, por la cercanía de las desembocaduras de

los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa, aguas arriba de esta estación.

Se observa abundancia de planta flotante Eichornia crassipes - en gran parte del espejo de agua.

### 3.2.2. Estación Limnológica "San Cristóbal".

Ubicada aproximadamente a 25 kilómetros aguas arriba del dique y 15 kilómetros aguas abajo de "Colima", entre el cerro "El Paraíso" al norte y el de "San Cristóbal" al sur.

Es la zona más ancha del embalse y posee entre 5 a 7 kilóme--tros de fluctuación anual y 15 a 25 metros de profundidad media.

Por el color verde de sus aguas, debido a menor cantidad de --sedimento que en "Colima", se puede detectar "a priori" una alta --productividad primaria en ellas.

Se notan árboles semi-inundados en proceso de descomposición --de 40 metros de alto lo que muestra la presencia de un bosque bajo, anterior a la construcción del embalse.

El "jacinto de agua", Eichornia crassipes, se nota únicamente en la parte litoral de la estación, aunque en ocasiones, vienen de aguas arriba masas de plantas flotantes que cubren la casi totali--dad de la estación, sobre todo en los meses de mayor frecuencia de lluvias (Agosto y Septiembre).

### 3.2.3. Estación Limnológica "Suchitoto".

Ubicada 12 kilómetros aguas arriba del dique y 12 kilómetros - de "San Cristóbal" aguas abajo, de la que está separada por 4 ce--- rros altos que al inundarse el embalse se convirtieron en islas.

Limitada en el litoral norte por la población de San Francisco Lempa y en el litoral sur por el cerro San Juan donde está ubicada la población de Suchitoto.

En este lugar el embalse tiene 2 a 3 kilómetros de ancho duran--- te todo el año y 30 a 40 metros de profundidad. También aquí exis--- te tanto "jacinto de agua" como en "San Cristóbal" y con similar co--- loración de agua, lo que también le deja una alta productividad pri--- maria estimada "a priori".

A partir de aquí, el embalse se angosta hasta llegar al dique entre altas filas de cerros; existiendo en el dique un 100% de plan--- ta acuática acumulada en su espejo de agua.

En el dique se da la mayor profundidad del embalse: 40 a 60 - metros.

En las tres estaciones limnológicas del embalse "Cerrón Gran--- de" se notó mucha actividad en las pesquerías del mismo, de donde - se extraen grandes cantidades de productos pesqueros por las pobla--- ciones ribereñas que se dedican a tal actividad.

Observándose el fenómeno de grandes migraciones humanas de --- otras regiones del país, atraídas por la abundancia pesquera del em--- balse, lo que muestra el gran potencial pesquero del embalse y la -

gran población humana que depende del mismo.

A estas poblaciones pesqueras migratorias que dependen del embalse, se suman aquellas poblaciones de las tierras vecinas al río Lempa, que con la construcción del embalse, les fueron inundadas — sus tierras, siendo reubicadas, pero siempre quedando en una relación de dependencia del embalse.

### 3.3. Determinación de Factores Físico.-Químicos:

#### 3.3.1. Medidos inmediatamente en el embalse:

1. El oxígeno disuelto fue medido, utilizando un equipo — portátil de baterías, model Y.S.I., para medir un perfil de profundidad a intervalos de un metro, desde cero a 15 metros; y a intervalos de 5 metros desde 15 metros hasta el fondo; haciendo notar que más profundo a 15 metros, la muestra de agua se extrajo con un muestreador tipo Van Dorn hasta la lancha donde se realizó la medición con el equipo Y.S.I.
2. Temperatura del agua, determinada en las mismas profundidades a que se determinó el oxígeno y con el mismo equipo.
3. Acido sulfhídrico disuelto, determinado con un equipo — Hach, modelo 250605, portátil, en la superficie, a 8 metros y en el fondo, extrayendo la muestra de agua con —

un muestreador tipo Van Dorn.

4. Dióxido de carbono, determinado con el mismo equipo Hach del SH2 y en las mismas profundidades, extrayendo la muestra de agua con un muestreador tipo Van Dorn.

### 3.3.2. Factores Medidos posteriormente a la extracción de la Muestra:

A partir de tres muestras de agua tomadas: del fondo, de 8 metros de profundidad y de la superficie (en "Colima", únicamente del fondo y la superficie), extraídas con un muestreado tipo Van Dorn.

Una vez extraída la muestra ésta fue transportada en recipientes plásticos de 1 litro de volumen, para ser analizada con la ayuda de un equipo marca Hach, modelo 250.605, al día siguiente.

Los parámetros analizados de esta muestra fueron los siguientes:

1. Alcalinidad como bicarbonatos y carbonatos
2. pH
3. Nitrógeno como nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal
4. Conductividad.

### 3.4. Determinación de Factores Biológicos:

- 3.4.1. Determinación de la transparencia del agua, la cual es -

un parámetro indirecto de la productividad primaria, por el método del disco Secchi.

3.4.2. Determinación de la densidad del Plancton, por medio del análisis cuantitativo y cualitativo a muestras de agua obtenidas por tres diferentes métodos de extracción según detalle a continuación:

1. Muestra superficial (0.3 metros), extraída con la mano, directamente a un frasco plástico de 25 mililitros de volúmen.
2. Muestra extraída de una columna vertical de 10 metros, desde la superficie, utilizando un tubo plástico de 10 metros de largo por 0.10 metros de diámetro, lo que da un volúmen aproximado de extracción de 50 litros.

La operación consistió en sifonear los 50 litros a un recipiente en la lancha, para ser filtrado con una red Wisconsin No. 25 de 0.07 milímetros de luz de malla (Margalef, 1972; Welch, 1948), hasta obtener 25 mililitros de filtrado.

3. Muestra extraída arrastrando 10 metros, verticalmente - la misma red Wisconsin; estimándose por la boca de la red, que se filtró un volúmen de 78 litros, obteniéndose un filtrado de 25 mililitros.

Estos tres filtrados fueron fijados con unas gotas de lugol y 1 mililitro de formol, según Prescott (1970) y Welch —



(1948), para ser analizados por microscopía de luz, cualitativa y cuantitativamente, con la ayuda de una celda tipo -- Sedwich-Raffter (Welch, 1948), clasificando el fitoplancton hasta género con ayuda de claves taxonómicas (Prescott, -- 1970; Holmgren et al., 1971) y el zooplancton hasta clases.

3.4.3. Determinación del pigmento fotosintético Clorofila A, con el método Fluorimétrico (Strickland & Parsons, 1972), en dos diferentes muestras de agua según el detalle a continuación:

1. Muestra superficial, tomando un litro en un frasco plástico, directamente del medio, a 0.3 metros de profundi--dad.
2. Muestra de una columna vertical, de 10 metros, extraída con un tubo plástico, de donde se toma un litro en un --frasco plástico (la operación se realiza conjuntamente con la metodología descrita en 3.4.2.2.).

3.4.4. Determinación del perfil bentónico de la estación limnológica, con una draga Eckman: (Welch, 1948) del fondo, de 20, --10, 5 y 1 metro de profundidad, para luego cernir la muestra y preservar los organismos con alcohol para su posterior cla--sificación.

### 3.5. Determinación del Índice de Productividad Primaria.

Se utilizó el método de la evolución del oxígeno fotosintético o de las botellas clara-oscura, de acuerdo a la descripción de la metodología que hace Vollenweider et al. (1974)

#### 3.5.1. Características de las Botellas Utilizadas.

Se utilizaron botellas de 1 litro de capacidad, como recomienda Vollenweider et al. (1974), aunque Stoker et al. (1972) dice que los volúmenes mínimos que se pueden utilizar son de 100 mililitros.

El material de las botellas debe ser de vidrio aunque Vollenweider et al. (1974), dice que se pueden utilizar botellas de cuarzo, por su bajo índice de refracción.

La forma de las botellas fue cilíndrica, colocando la botella clara en posición invertida (con el tapón de rosca hacia abajo) para que no le ocasione el tapón sombra a la botella, y ésta pueda recibir toda la cantidad de luz posible en esa profundidad a que se pone a incubar (Figura 3).

La botella oscura fue colocada en posición normal, forrada con un papel de estaño y cinta adhesiva opaca y cubierta por una bolsa de tela de donde se colgará del aparejo, evitando de esta manera que la mínima cantidad de luz penetre en la botella (Figura 3).

#### 3.5.2. Profundidades a Medir

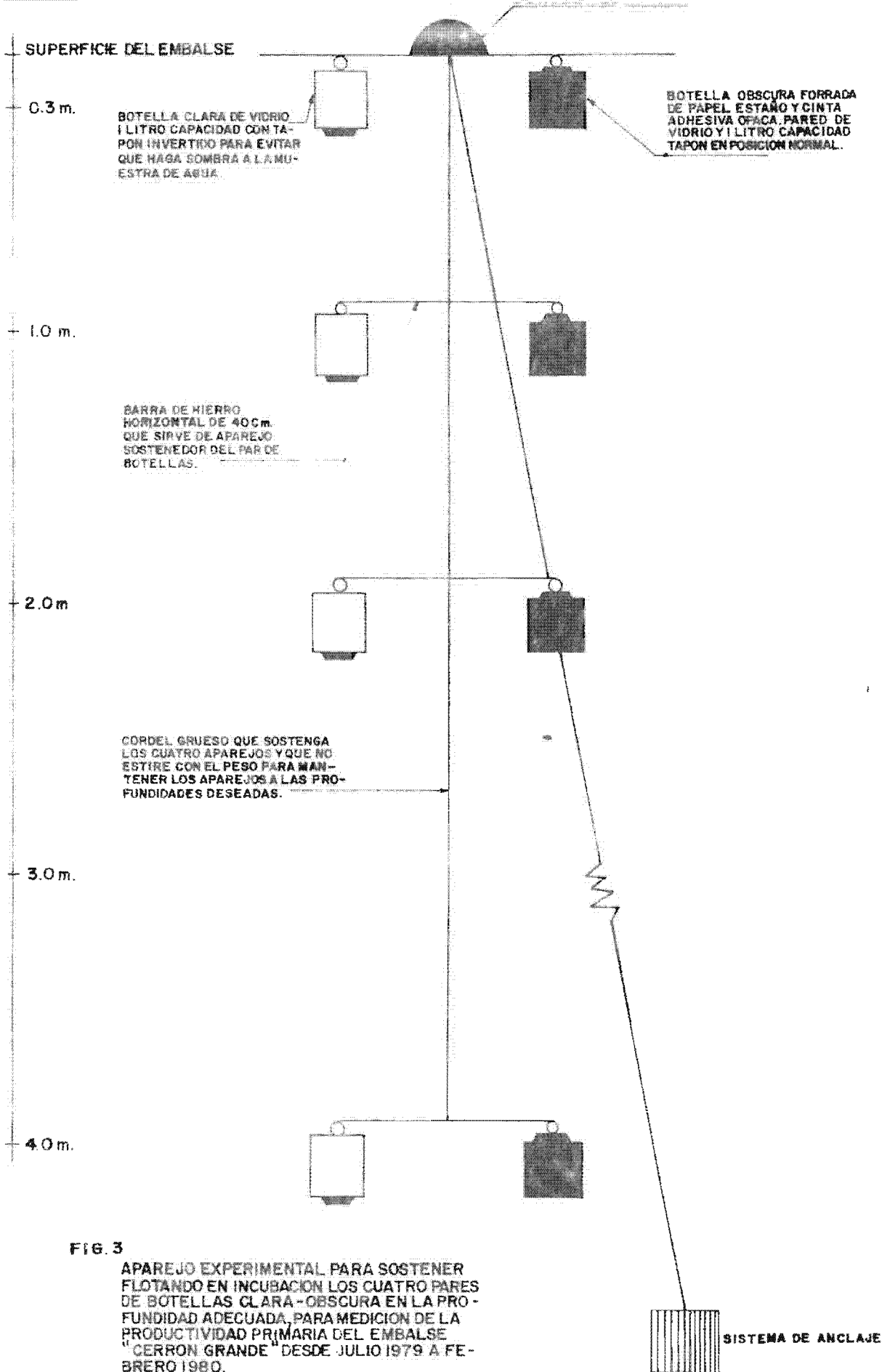
La productividad primaria fue determinada en las siguientes profundidades: superficie (0.3 metros), uno, dos y cuatro metros, ya que tales profundidades tienen relación con el rango Secchi del embalse "Cerrón Grande", determinado en los viajes previos, según recomendación Margalef (1972) de relacionar valores Secchi con los de productividad primaria.

Estos 4 pares de botellas fueron colocadas en incubación, en las mismas condiciones naturales de donde se extrajo cada muestra (Margalef, 1972), en un aparejo similar al diseñado por Wollenweider et al. (1974) y Rusell-Hunter (1973) según se muestra en la figura 3.

### 3.5.3. Extracción y Subsaturación del Oxígeno disuelto en la muestra.

Al extraer la muestra de cada profundidad con el muestreador tipo Van Dorn, en una cantidad de 8 litros aproximadamente, se coloca en un recipiente plástico donde se mide el oxígeno disuelto ( $C_1$ ), con el medidor Y.S.I.

Como al calibrar el medidor Y.S.I. según la latitud y temperatura del lugar, se averiguó la concentración de saturación de oxígeno del agua, si las concentraciones iniciales ( $C_1$ ) de las muestras de las profundidades son mayores que la concentración de saturación, se dice que existe una condición de sobresaturación, la cual es necesario evitar con agitación mecánica-manual de la muestra, como recomiendan Strickland & Parsons (1972) y Vollenweider et al. (1974). Después que el valor  $C_1$  esté en una condición de subsaturación, se ---



**FIG. 3**

APAREJO EXPERIMENTAL PARA SOSTENER FLOTANDO EN INCUBACION LOS CUATRO PARES DE BOTELLAS CLARA-OSCURA EN LA PROFUNDIDAD ADECUADA, PARA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO 1979 A FEBRERO 1980.

procede a llenar las botellas y colocar el tapón dentro del recipiente de la muestra del agua, para no introducir burbujas que alteren la condición natural de oxígeno de las botellas.

#### 3.5.4. Tiempo de Incubación.

Se empieza a contar desde el momento de medición del valor  $C_1$  en el medidor, abarcando la 1a. hora del tiempo de incubación en la lancha, en condiciones no tan naturales por el manipuleo de la muestra, al extraer las muestras de las otras profundidades.

Luego de colocados los 4 pares de botellas dentro del agua, en condiciones casi naturales, se dejan de 4 a 6 horas, para compensar la hora de alteración por manipuleo (Hepher, 1962; Vollenweider et al., 1974; Sreenivasan, 1964).

#### 3.5.5. Mediciones Finales.

Una vez transcurrido el tiempo de incubación y después de extraer los 4 pares de botellas del agua, se procede a medir la concentración del oxígeno final, tanto para las botellas claras ( $C_2$ ), como para las oscuras ( $C_3$ ).

#### 3.5.6. Cálculos Experimentales.

Se realizan a partir de los resultados de campo obtenidos ( $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ ) de las 4 profundidades donde se colocó un par de botellas según las siguientes fórmulas (Vollenweider et al., 1974):

## 1. OXIGENO NETO PRODUCIDO EN LA BOTELLA

CLARA (en miligramos/Litro) es igual a :  $(C_2 - C_1)$  +

## 2. OXIGENO TOTAL CONSUMIDO EN LA BOTELLA

OSCURA (en miligramos/Litro) es igual a :  $(C_1 - C_3)$  =

---

## 3. OXIGENO TOTAL PRODUCIDO EN EL TIEMPO

DE INCUBACION POR FOTOSINTESIS —

(en mg./Lt.) es igual a :  $(C_2 - C_3)$

## 3.5.7. Cálculo del nivel de compensación

Se calculó los valores del oxígeno total producido en fotosíntesis por hora (O.F.H.) y del oxígeno total consumido en respiración por hora (O.R.H.) ambos valores a partir de los cálculos experimentales, para luego graficarlos contra la profundidad en metros, estableciendo las curvas O.F.H. y O.R.H. contra profundidad; y el punto donde se cortan las curvas o tiendan a hacerlo, corresponde a la profundidad aproximada del nivel de compensación (Figura 5).

## 3.5.8. Cálculo del Índice Total y Neto de Productividad Primaria Instantánea.

Según Vollenweider et al. (1974), la fórmula es la siguiente:

4. GRAMOS DE CARBONO	GRAMOS DE OXIGENO
ASIMILADO POR VOLUMEN	PRODUCIDO POR VOLUMEN X 0.375
POR TIEMPO	= POR TIEMPO

Esta fórmula se aplicó de la siguiente manera:

$$\begin{array}{rcl}
 5. & \text{MILIGRAMOS DE CARBONO} & \text{MILIGRAMOS DE OXIGENO} \\
 & \text{ASIMILADO POR METRO} & \text{PRODUCIDO POR LITRO POR} \quad \times \quad 375 \\
 & \text{CUBICO POR TIEMPO DE} & \text{TIEMPO DE INCUBACION} \\
 & \text{INCUBACION} & =
 \end{array}$$

Para uniformar los tiempos de incubación, se extrapolan a valores -- diarios o de tiempo de iluminación solar en un día o fotoperíodo -- (M.A.G., 1980), mediante el siguiente factor de conversión:

$$6. \quad \frac{\text{FOTOPERIODO EN HORAS}}{\text{TIEMPO DE INCUBACION EN HORAS}} = \text{FACTOR DE CONVERSION DIA (Fcd)}.$$

Luego la fórmula general quedaría de la siguiente manera:

$$\begin{array}{rcl}
 7. & \text{PRODUCTIVIDAD} & \text{MILIGRAMOS DE CARBONO} & & \text{MILIGRAMOS} \\
 & \text{PRIMARIA} & \text{ASIMILADO POR METRO} & & \text{DE CARBONO} \\
 & \text{INSTANTANEA} & \text{CUBICO POR TIEMPO DE} & \times \text{ Fcd} = & \text{ASIMILADO} \\
 & & \text{INCUBACION} & & \text{POR METRO} \\
 & & & & \text{CUBICO POR} \\
 & & & & \text{DIA}
 \end{array}$$

Así como en la fórmula 5 se puede utilizar tanto el oxígeno producido neto como el total, la productividad primaria instantánea podrá ser también, neta como total, respectivamente.

### 3.5.9. Cálculo del Índice Total y Neto de Productividad Primaria Integrada.

Al graficar los índices de productividad primaria instantáneos, totales y netos, de las diferentes profundidades contra la profundidad en metros, se obtuvo dos curvas; y al medir el área - bajo cada curva en centímetros cuadrados y hacer la equivalencia en la gráfica, se obtienen dos valores numéricos que son los índices totales y netos de productividad primaria integrados, cuyas - unidades son mg. de carbono/Mt<sup>2</sup>/día.



## 4. RESULTADOS

4.1. Factores Físico-Químicos.

## 4.1.1. Perfiles de Temperatura y oxígeno disuelto, contra la Profundidad.

El rango de valores de temperatura encontrado en las tres estaciones limnológicas del "Cerrón Grande" fue desde 29<sup>a</sup> C. en la superficie hasta 24<sup>a</sup> C. y para el oxígeno disuelto desde 10 mg./Lt. en la superficie hasta 0 mg./Lt., tomando estos rangos como promedio de los datos obtenidos (cuadros 2 a 4).

En las tres estaciones limnológicas se observa que la termoclina aparece en la curva como un ligero cambio a la mitad de la curva en su tendencia descendente (Figura 4).

Así se puede observar que "Colima" presenta una ligera termoclina por su poca profundidad a 2 metros, en Julio y Agosto, descendiendo a 5 y 6 metros en Septiembre y Octubre, para volver a 3 y 2 metros en Diciembre a Febrero (Figura 4).

En "San Cristóbal" se observa una termoclina de 4 metros en Julio a Septiembre (por ser más profunda que "Colima"), descendiendo a 7 metros en Octubre y Noviembre, para ascender 6 y 5 metros en Diciembre a Febrero, no existiendo termoclina en Enero, por procesos de inversión térmica que suprimen la estratificación térmica de los lagos (Figura 4).



CUADRO 3

PERFIL DE TEMPERATURA Y OXIGENO DISUELTO CONTRA LA PROFUNDIDAD PARA LA ESTACION LIMNOLOGICA "SAN CRISTOBAL"

DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1970 A FEBRERO, 1980.

(TEMP. : TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS )

(O. D. : OXIGENO DISUELTO EN MILIGRAMOS POR LITRO)

		P R O F U N D I D A D   E N   M E T R O S									
		0.3	2	4	6	8	10	12	15	20	25
JUL, 24	TEMP.	29.6	28.6	28.6	28.0	27.4	27.0	26.7	26.3		
	O. D.	9.20	7.70	5.10	1.25	1.05	0.40	0.50	0.45		
AGO, 28	TEMP.	29.6	27.9	27.8	27.2	26.5	26.3	25.9	25.5		
	O. D.	0.60	8.60	7.20	3.00	2.10	0.85	0.55	0.25		
SEP, 24	TEMP.	30.5	28.0	26.8	26.5	26.2	25.9	25.6	25.4		
	O. D.	11.40	6.90	2.00	0.90	0.10	0.10	0.55	1.20		
OCT, 25	TEMP.	29.9	28.4	28.2	28.0	27.0	26.4	26.1	26.0	25.7	25.7
	O. D.	8.80	8.90	6.60	6.40	0.50	0.40	0.50	0.50	1.40	1.40
NOV, 27	TEMP.	26.7	26.3	26.2	26.2	26.1	25.9	25.8	25.8	25.6	
	O. D.	12.40	8.00	7.50	7.30	3.80	2.05	1.80	1.00	0.15	
DIC, 11	TEMP.	27.2	26.4	26.0	26.0	25.9	25.8	25.8	25.9	26.0	
	O. D.	9.80	6.50	5.15	4.85	4.75	0.90	1.73	1.45	1.45	
FEB, 7	TEMP.	25.3	24.7	24.6	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	
	O. D.	2.85	2.05	1.75	1.80	1.85	1.90	2.10	2.15	2.75	
FEB, 19	TEMP.	27.2	26.2	26.0	25.9	25.4	25.1	24.7	24.6	24.6	
	O. D.	11.60	9.60	8.30	8.00	1.35	0.10	0.10	0.10	0.15	

PERFIL DE TEMPERATURA Y OXIGENO DISUELTO CONTRA LA PROFUNDIDAD PARA LA ESTACION LIMNOLOGICA

"SUCHITOTO" DEL ENDALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980

(TEMP.: TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS )

(O. D.: OXIGENO DISUELTO EN MILIGRAMOS POR LITROS)

		P R O F U N D I D A D   E N   M E T R O S											
		0.3	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35
JUL, 10	TEMP.	30.2	28.8	28.4	27.6	26.8	26.3	26.0	25.6	24.6	25.0	24.6	
	O. D.	9.85	5.40	3.40	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.30	0.15	0.30	
AGO, 14	TEMP.	29.8	29.0	28.9	27.9	27.4	26.7	26.2	25.8	25.3	25.3	25.2	
	O. D.	9.40	6.30	5.30	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.25	0.25	0.40	
SEP, 11	TEMP.	28.8	28.1	27.6	27.3	26.7	26.0	25.8	25.5	25.2	—	25.0	
	O. D.	8.40	7.30	4.70	3.30	0.10	0.10	0.10	0.50	0.20	1.14	2.25	
OCT. 9	TEMP.	29.5	28.7	28.4	28.0	26.6	26.1	25.6	25.3	26.0	25.4	25.4	
	O. D.	5.10	4.65	4.00	2.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.35	0.50	0.55	
NOV, 13	TEMP.	29.0	28.0	27.7	27.5	27.2	27.0	26.9	26.2	—	—	26.0	
	O. D.	5.20	4.73	4.17	4.10	2.80	2.80	1.95	0.10	—	—	0.55	
DIC, 13	TEMP.	27.5	27.1	26.6	26.3	26.0	26.0	25.9	26.0	25.8	25.7	25.2	25.0
	O. D.	10.90	10.10	5.70	5.10	4.60	4.35	3.15	1.25	0.90	0.95	0.70	0.70
ENE, 17	TEMP.	26.4	25.6	25.3	25.2	25.1	25.0	25.0	24.3	25.2	25.2	25.2	25.3
	O. D.	9.60	7.10	5.70	5.00	3.70	1.95	0.75	0.45	0.20	0.20	0.20	0.20
FEB, 21	TEMP.	26.6	25.4	25.7	25.6	25.2	25.0	24.8	24.7	25.0	24.9	24.8	25.0
	O. D.	7.30	6.80	6.30	3.70	0.10	0.05	0.05	0.05	0.30	0.30	0.30	0.45

COLIMA

SAN CRISTOBAL

SUCHITOTO

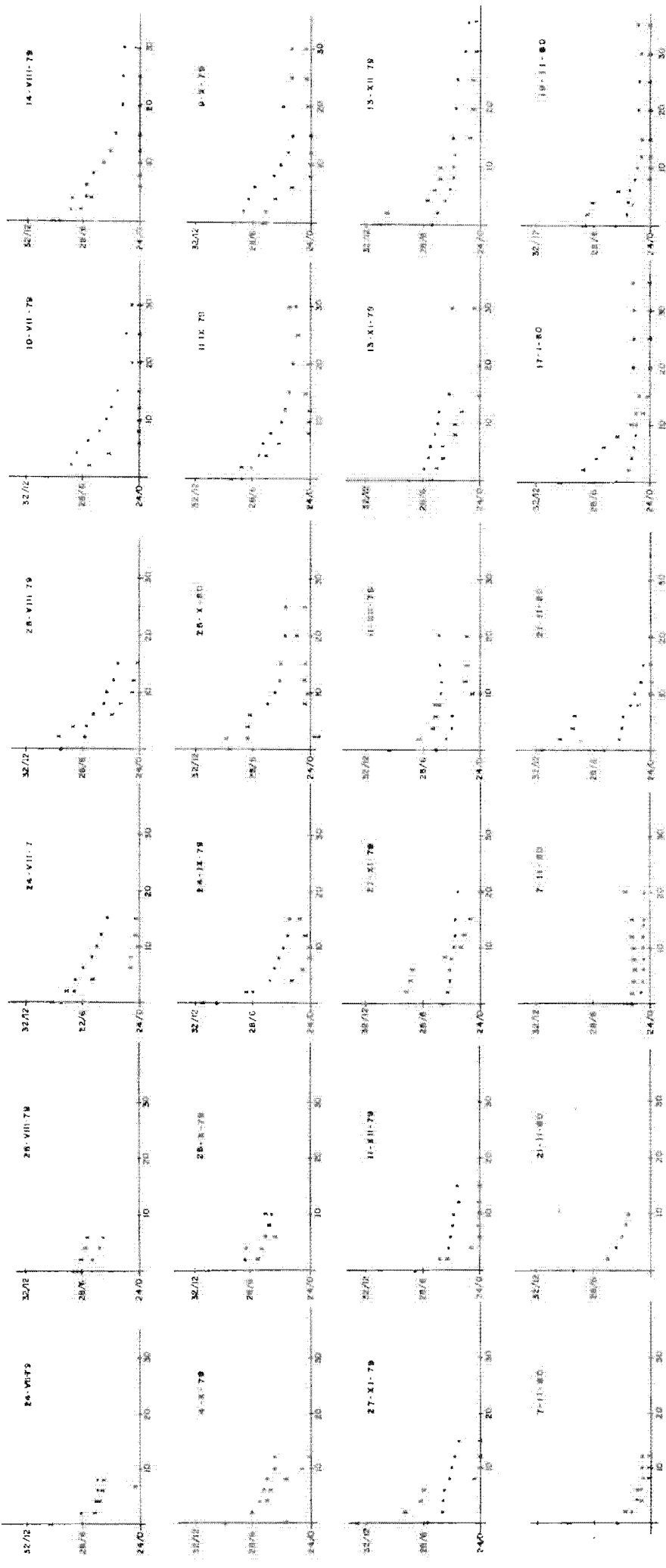


FIGURA 4 VARIACION EN EL TIEMPO DEL PERFIL DE TEMPERATURA EN DIFERENTES ESTACIONES (S...)  
 DISEÑO DISEÑADO EN MAGALIJES DEL AGUA EN LAS ESTACIONES QUIMIOLOGICAS DEL  
 FEDERAL "CERRON VERDE" DE 1979 A FEBRERO 1980

TEMPERATURA/GRADOS  
 PROFUNDIDAD EN CM  
 ESQUEMA GUIA DE LA GRAFICA

En "Suohitoto" se observa una termoclina de 5 y 6 metros en los meses de Julio a Septiembre, descendiendo de 7 a 10 metros en Octubre y Noviembre, para descender de 8 a 5 metros en Diciembre a Febrero, no existiendo termoclina en Enero, por procesos de inversión térmica, al igual que en "San Cristóbal" (Figura 4).

#### 4.1.2. Acido Sulfhídrico (SH<sub>2</sub>).

Debido a que las muestras tomadas en la superficie y a 8 metros de profundidad, dieron resultados muy similares, para resumir los datos se presentan promedios de ambos datos, asumiendo que toda la columna de agua de cero a 8 metros de profundidad, tiene la misma situación en cuanto al SH<sub>2</sub> disuelto.

El rango de valores para las tres estaciones limnológicas fue de cero a 25 mg./Lt., notándose que los valores máximos se encuentran en los meses de Octubre y Noviembre (Cuadros 5 al 7).

#### 4.1.3. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

La misma situación del SH<sub>2</sub>, en cuanto a las muestras de superficie y 8 metros, se presenta para CO<sub>2</sub>, por lo tanto se presentan los valores como promedio para toda la columna vertical de 8 metros.

El rango de valores es aproximadamente el mismo para las tres estaciones limnológicas, desde 8 a 48 mg./Lt. más o menos uniforme en el tiempo ( Cuadros 5 al 7).

...

CUADRO 5

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DETERMINADOS EN LA ESTACION LIMNOLOGICA "COLIMA"

DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980.

(LAS UNIDADES DE TODOS LOS PARAMETROS ESTAN EN MILIGRAMOS/LITRO, EXCEPTO LA CONDUCTIVIDAD EN *μmhos./cms.*)

	ACIDO SULFHIDRICO	DIOXIDO DE CARBONO	BICARBO- NATOS	pH	NITRATOS	NITRITOS	NITROGENO AMONIAICAL	CONDUCTI- VIDAD
JUL, 24	0.00	12.00	65.00	9.13	2.95	0.19		225
AGO, 28	0.00	21.00	82.50	9.05	1.20	0.41	0.55	250
OCT, 4	0.00	19.00	80.00	9.05	0.70	0.41	0.63	238
OCT, 25	0.15	20.00	87.50	9.02	0.07	0.04	2.14	195
NOV, 27	0.75	14.00	100.00	8.08	0.07	0.05	0.93	550
DIC, 11	1.50	19.00	110.00	6.39	1.45	0.04	0.35	325
FEB, 7	0.05	48.00	120.00	7.53	0.12	0.05	0.81	1350
FEB, 19	2.50	26.00	105.00	7.94	0.02	0.003	0.55	325

CUADRO 6

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DETERMINADOS EN LA ESTACION LIMNOLOGICA ---  
 "SAN CRISTOBAL" DEL EMPALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980  
 (LAS UNIDADES DE TODOS LOS PARAMETROS ESTAN EN MILIGRAMOS/LITRO, EXCEPTO LA -  
 CONDUCTIVIDAD EN  $\mu\text{mhos./cms.}$ ).

	ACIDO SULFHIDRICO	DIOXIDO DE CARBONO	BICARBO- NATOS.	pH	NITRATOS	NITRITOS	NITROGENO AMONIACAL	CONDUCTI- VIDAD.
JUL, 24	0.25	12.0	70.00	9.03	2.50	0.0215		625
AGO, 28	0.00	17.00	67.50	9.18	3.10	0.0810	0.23	225
SEP, 24	0.00	16.00	57.50	8.93	0.60	0.0300	0.30	173
OCT, 25	0.15	20.00	65.00	8.50	0.85	0.0270	0.33	163
NOV, 27	0.50	9.00	82.50	8.29	0.65	0.0070	0.066	218
DIC, 11	0.05	16.00	77.50	6.60	1.70	0.0900	0.00	713
FEB, 7	0.00	22.00	105.00	7.50	0.70	0.0075	0.47	200
FEB, 19	1.00	17.00	90.00	8.44	0.06	0.0070	0.02	750



CUADRO 7

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DETERMINADOS EN LA ESTACION LIMNOLOGICA "SUCHITOTO" DEL

EMDAISE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980

(LAS UNIDADES DE TODOS LOS PARAMETROS ESTAN EN MILIGRAMOS/LITRO, EXCEPTO LA CONDUCTIVIDAD EN  $\mu\text{mhos}/\text{cms.}$ )

	ACIDO SULFHIDRICO	DIOXIDO DE CARBONO	BICARBO- NATOS	pH	NITRATOS	NITRITOS	NITROGENO AMONIA CAL	CONDUCTI- VIDAD.
JUL, 10	1.25	14.00	75.00	8.55	2.85	0.020		250
AGO, 14	2.00	16.00	77.50	9.05	3.35	0.018	0.48	238
SEP, 11	0.00	21.00	77.50	9.05	0.75	0.036	0.24	300
OCT, 9	0.00	30.00	70.00	8.90	0.70	0.025	0.30	225
NOV, 13	0.00	18.00	75.00	9.15	0.70	0.0175	0.00	170
DIC, 13	0.50	8.00	80.00	7.09	0.90	0.004	0.04	213
ENE, 17	0.00	10.00	85.00	7.93	0.90	0.005	0.006	200
FEB, 21	1.00	20.00	132.50	7.71	0.95	0.00175	0.05	205

#### 4.1.4. Bicarbonatos ( $\text{CO}_3\text{HNa}$ ).

Se presentan promedios para toda la columna de cero a 8 me---tros, por similar situación, notándose un rango para las tres esta---ciones limnológicas similar de 57.5 a 132.5 mg./Lt. (Cuadros 5 al -7).

#### 4.1.5. pH.

Se presentan promedios para toda la columna de cero a 8 metros, por similar situación, con un rango de pH similar en las tres esta---ciones limnológicas de 9.18 a 6.39, con valores mínimos en Noviem---bre y Diciembre; y una tendencia de acidificación desde los meses -de Julio y Agosto hacia Enero y Febrero (Cuadros 5 al 7).

#### 4.1.6. Nitrógeno.

##### 1. Nitratos.

Se presentan los datos como promedios para toda la columna de cero a 8 metros, por similar situación anterior, con ---rangos para las tres estaciones limnológicas, desde 3.35 a 0.02 mg./Lt. Se observa también una disminución de nitra---tos desde los meses lluviosos de Julio a Septiembre, a ---los no lluviosos o secos, de Octubre a Febrero (Cuadros 5 al 7).

##### 2. Nitritos.

Se presentan los datos como promedios para toda la columna de cero a 8 metros, por similar situación anterior, con ---

rangos para las tres estaciones limnológicas, desde 0.41 a 0.001 mg/Lt. (Cuadros 5 al 7).

### 3. Nitrógeno amoniacal.

Se presentan los datos como promedios para toda la columna de cero a 8 metros, por similar situación anterior, con rangos similares para las estaciones limnológicas "Suchitoto" y "San Cristóbal" de 0.00 a 0.46 y 0.00 a 0.47 mg./Lt., respectivamente, notándose un rango más elevado para "Colima" de 2.14 a 0.35 mg./Lt. (Cuadros 5 al 7).

### 4.1. Conductividad.

Se presentan los datos como promedios para toda la columna de cero a 8 metros, por similar situación anterior, con rangos de 170 a 300 mhos/cm., para "Suchitoto", 160 a 580 mhos/cm., para "San Cristóbal" y de 195 a 1350 mhos/cm., para "Colima" (Cuadros 5 al 7).

## 4.2. Factores Biológicos.

### 4.2.1. Valores del Disco Secchi.

Los rangos Secchi para "Colima", "San Cristóbal" y "Suchitoto" fueron de 19 a 88 centímetros, 55 a 185 centímetros y 40 a 290 centímetros, respectivamente, notándose en las tres estaciones limnológicas, el máximo valor en Octubre y Noviembre, para "San Cristóbal" y "Suchitoto", y un valor muy uniforme y mínimo en el tiempo, para "Colima" (Cuadro 8).

CUADRO 8

VALORES DE TRANSPARENCIA DETERMINADOS EN CENTIMETROS CON EL DISCO  
SECHI PARA LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS DEL EMPALSE "CERRON GRANDE"  
DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980

"COLIMA"		"SAN CRISTOBAL"		"SUCHITOTO"	
JUL, 24	23	JUL, 24	55	JUL, 10	40
AGO, 28	19	AGO, 28	58	AGO, 14	63
OCT, 4	60	SEP, 24	105	SEP, 11	100
OCT, 25	85	OCT, 25	167	OCT, 9	290
NOV, 27	85	NOV, 27	125	NOV, 13	140
DIC, 11	87	DIC, 11	140	DIC, 13	105
FEB, 7	88	FEB, 7	186	FEB, 17	150
FEB, 19	75	FEB, 19	75	FEB, 21	150

#### 4.2.2. Fitoplancton.

Se observa en Julio a Septiembre, tanto en el análisis cualitativo, como el cuantitativo y en sus tres métodos de muestreo, el máximo de fitoplancton por volúmen.

La especie dominante es Oscillatoria sp., abundando más en la zona superficial del lago, obteniéndose los mínimos valores en "Colima" (Cuadros 9 al 12).

De Octubre a Diciembre, se observan los mínimos valores de fitoplancton en el tiempo de estudio, dominando Pediastrum, Melocira y Nostoc, abundando en esta época más en la zona superficial del lago, mostrando "Colima" también con mínimos valores (Cuadros 9 al 12).

#### 4.2.3. Clorofila A.

Se observa que coinciden en el tiempo del estudio, los mínimos valores de clorofila A, en Octubre y Noviembre, en las tres estaciones limnológicas; con un rango de 2.8 a 234.0 mg./mt<sup>3</sup>. (Cuadro 13) durante todo el período del estudio.

#### 4.2.4. Zooplancton y Bentos.

Se agregan como promedios, los valores de Zooplancton, notándose la no presencia de él en la zona superficial. Durante todo el tiempo del estudio se observó zooplancton, únicamente en las capas profundas con dominancia de copépodos y en una relación zooplancton-fitoplancton desde 1:12 hasta 1:62 (Cuadro 14).

CUADRO 9

LISTADO DE LOS GENEROS DEL FITOPLANCTON, DETERMINADOS MEDIANTE ---  
ANALISIS CUALITATIVO PARA LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS EN LAS EPOCAS  
LLUVIOSA Y SECA DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A -  
FEBRERO 1980.

( P = PRESENCIA : A = AUSENCIA )

	<u>"COLIMA"</u>		<u>"SAN CRISTOBAL"</u>		<u>"SUCHITOTO"</u>	
	LLUVIOSA	SECA	LLUVIOSA	SECA	LLUVIOSA	SECA
<u>Asterionella</u>	P	P	A	P	A	A
<u>Navicula</u>	P	P	P	P	P	P
<u>Nischia</u>	P	P	P	P	A	P
<u>Fragilaria</u>	F	P	P	P	A	P
<u>Tabellaria</u>	P	A	A	A	A	A
<u>Melocira</u>	P	A	P	P	P	P
<u>Tribonema</u>	A	P	A	P	A	P
<u>Pediastrum</u>	P	P	P	P	P	P
<u>Eudorina</u>	P	P	A	P	P	P
<u>Scenedesmus</u>	P	A	P	A	A	A
<u>Volvox</u>	A	P	A	P	A	P
<u>Closterium</u>	P	P	P	P	P	P
<u>Staurastrium</u>	A	P	A	A	A	P
<u>Ulotrix</u>	A	A	A	A	A	P
<u>Oscillatoria</u>	P	P	P	P	P	P
<u>Spirulina</u>	P	A	P	A	P	A
<u>Raphidiopsis</u>	P	P	P	A	P	A
<u>Anacistis</u>	A	P	A	P	A	P
<u>Nostoc</u>	A	P	A	P	A	P
<u>Anabaena</u>	A	P	A	P	A	P
<u>Peridinium</u>	A	P	A	P	A	P
<u>Ceratium</u>	A	A	A	P	A	P

ANALISIS CUANTITATIVO DE FITOPLANCTON EXTRAIDO POR DIFERENTES METODOS DE MUESTREO Y DETERMINACION -  
 DE GENEROS DOMINANTES PARA LA ESTACION LIMNOLOGICA "COLIMA" DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO,  
 1979 A FEBRERO, 1980

(DENSIDAD DEL FITOPLANCTON EN ORGANISMOS POR LITRO)

	MUESTRA SUPERFICIAL			MUESTRA VERTICAL EXTRAIDA CON TUBO DE PLASTICO			MUESTRA VERTICAL EXTRAIDA CON RED WISCONSIN		
	DENSIDAD	DOMINANCIA		DENSIDAD	DOMINANCIA		DENSIDAD	DOMINANCIA	
	FITOPLANC TON	GENERO	PORCEN TAJE	FITOPLANC TON	GENERO	PORCEN TAJE	FITOPLANC TON	GENERO	PORCEN TAJE
	TOTAL x 10 <sup>3</sup>			TOTAL			TOTAL		
JUL, 24	8708	<u>Oscillatoria</u>	70%	16494	<u>Oscillatoria</u>	74%			
		<u>Diatomeas</u>	23%		<u>Diatomeas</u>	16%			
AGO, 28	538	<u>Oscillatoria</u>	42%	9952	<u>Oscillatoria</u>	44%	3367	<u>Oscillatoria</u>	58%
		<u>Diatomeas</u>	18%		<u>Diatomeas</u>	47%		<u>Diatomeas</u>	23%
		<u>Clorofitas</u>	28%						
OCT, 4	4026	<u>Oscillatoria</u>	53%	3709	<u>Oscillatoria</u>	30%	1892	<u>Oscillatoria</u>	21%
		<u>Eudorina</u>	26%		<u>Eudorina</u>	35%		<u>Eudorina</u>	30%
					<u>Diatomeas</u>	19%		<u>Pediastrum</u>	26%
OCT, 25	982	<u>Oscillatoria</u>	29%	87628	<u>Pediastrum</u>	95%	101799	<u>Pediastrum</u>	91%
		<u>Pediastrum</u>	28%						
		<u>Melocira</u>	22%						
NOV, 27	8349	<u>Nostoc</u>	67%	27231	<u>Nostoc</u>	58%	204836	<u>Melocira</u>	54%
		<u>Melocira</u>	14%		<u>Melocira</u>	16%		<u>Oscillatoria</u>	16%
					<u>Pediastrum</u>	11%		<u>Tribonema</u>	9%
DIC, 11	7438	<u>Nostoc</u>	39%	2958	<u>Melocira</u>	45%	141922	<u>Melocira</u>	82%
		<u>Melocira</u>	28%		<u>Pediastrum</u>	24%			
		<u>Oscillatoria</u>	19%		<u>Tribonema</u>	10%			
FEB, 7	5819	<u>Melocira</u>		3490	<u>Melocira</u>		18093	<u>Melocira</u>	61%
		<u>Tribonema</u>	(igual		<u>Pediastrum</u>	(igual		<u>Tribonema</u>	20%
		otras diatomeas	porcen.)		<u>Oscillatoria</u>	porcen.)			
		<u>Anacistis</u>			<u>Anacistis</u> , -				
					<u>Tribonema</u> , -				
		<u>Oscillatoria</u>			<u>Pediastrum</u>				
FEB, 19	5445	<u>Melocira</u>		3771	<u>Melocira</u>		11318	<u>Melocira</u>	49%
		<u>Tribonema</u>	(igual		<u>Tribonema</u>	(igual		<u>Diatomeas</u>	21%
		<u>Oscillatoria</u>	porc.)		<u>Oscillatoria</u>	porc.)		<u>Tribonema</u>	9%
		<u>Anacistis</u>			<u>Anacistis</u>				
		Otras diatomeas							

CUADRO II

ANALISIS CUANTITATIVO DE FITOPLANCTON EXTRAIDO POR DIFERENTES METODOS DE MUESTREOS Y  
DETERMINACION DE GENEROS DOMINANTES PARA LA ESTACION LIMNOLOGICA "SAN CRISTOBAL" DEL EMBALSE

"CERRON GRANDE" DESDE JULIO, A FEBRERO, 1980

(DENSIDAD DEL FITOPLANCTON EN ORGANISMOS POR LITRO)

MUESTRA SUPERFICIAL				MUESTRA VERTICAL EXTRAIDA POR TUBO DE PLASTICO			MUESTRA VERTICAL EXTRAIDA CON RED WISCONSIN		
DENSIDAD FITOPLANC TON TOTAL x 10 <sup>3</sup>	DOMINANCIA GENERO	PORCEN TAJE	TON	DENSIDAD FITOPLANC TON TOTAL	DOMINANCIA GENERO	PORCEN TAJE	DENSIDAD FITOPLANC TON TOTAL	DOMINANCIA GENERO	PORCEN TAJE.
JUL, 24	28973	<u>Oscillatoria</u>	94%	42177	<u>Oscillatoria</u>	93%			
AGO, 28	20598	<u>Oscillatoria</u>	82%	4249	<u>Oscillatoria</u>	49%	10581	<u>Oscillatoria</u>	51%
					<u>Diatomeas</u>	35%		<u>Diatomeas</u>	27%
SEP, 24	7376	<u>Oscillatoria</u>	88%	8785	<u>Oscillatoria</u>	91%	1607	<u>Oscillatoria</u>	73%
								<u>Diatomeas</u>	17%
OCT, 25	1995	<u>Melocira</u>	57%	70940	<u>Pediastrum</u>	95%	70901	<u>Pediastrum</u>	90%
		<u>Pediastrum</u>	27%						
NOV, 27	58889	<u>Nostoc</u>	98%	12200	<u>Nostoc</u>	48%	262225	<u>Nostoc</u>	90%
					<u>Pediastrum</u>	31%			
DIC, 11	3167	<u>Nostoc</u>	45%	5192	<u>Pediastrum</u>	46%	83865	<u>Melocira</u>	73%
		<u>Melocira</u>	37%		<u>Melocira</u>	44%			
FEB, 7	3799	<u>Oscillatoria</u>	77%	2058	<u>Oscillatoria</u>	58%	1885	<u>Anacistis</u>	51%
					<u>Anacistis</u>	16%		<u>Diatomeas</u>	13%
					<u>Melocira</u>	13%		<u>Pediastrum</u>	17%
FEB, 19	7140	<u>Oscillatoria</u>	75%	1462	<u>Nitchia</u>		4710	<u>Anacistis</u>	46%
					<u>Melocira</u>				
					<u>Pediastrum</u>	(igual porcen.)			
					<u>Anacistis</u>				
					<u>Oscillatoria</u>			<u>Oscillatoria</u>	12%
					<u>Tribonema</u>			<u>Diatomeas</u>	24%



ANALISIS CUANTITATIVO DE FITOPLANCTON EXTRAIDO POR DIFERENTES METODOS DE MUESTREO Y  
 DETERMINACION DE GENEROS DOMINANTES PARA LA ESTACION LIMNOLOGICA "SUCHITOTO" DEL -  
 EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO 1980  
 ( DENSIDAD DEL FITOPLANCTON EN ORGANISMOS POR LITRO )

	MUESTRA SUPERFICIAL			MUESTRA VERTICAL EXTRAIDA POR TUBO DE PLASTICO			MUESTRA VERTICAL EXTRAIDA CON RED WISCONSIN		
	DENSIDAD	DOMINANCIA		DENSIDAD	DOMINANCIA		DENSIDAD	DOMINANCIA	
	FITOPLANCTON TOTAL x 10	GENERO	PORCENTAJE.	FITOPLANCTON TOTAL	GENERO	PORCENTAJE.	FITOPLANCTON TOTAL	GENERO	PORCENTAJE.
JUL, 10	36330	<u>Oscillatoria</u>	99%	21198	<u>Oscillatoria</u>	99%	9535	<u>Oscillatoria</u>	94%
AGO, 14	35533	<u>Oscillatoria</u>	93%	23998	<u>Oscillatoria</u>	90%	9162	<u>Oscillatoria</u>	96%
SEP, 11	12714	<u>Oscillatoria</u>	87%	21584	<u>Oscillatoria</u>	86%	4945	<u>Oscillatoria</u>	86%
OCT, 9	229	<u>Oscillatoria</u>	46%	552	<u>Pediastrum</u>	47%	731	<u>Pediastrum</u>	57%
		Otras Clorofitas	23%		<u>Oscillatoria</u>	42%		<u>Oscillatoria</u>	39%
NOV, 13	683	<u>Diatomeas</u>	18%	1366	<u>Pediastrum</u>	47%	1399	<u>Pediastrum</u>	81%
		<u>Melocira</u>	58%		<u>Melocira</u>	26%			
		<u>Diatomeas</u>	15%		<u>Oscillatoria</u>	13%			
DIC, 13	11192	<u>Oscillatoria</u>	12%	25380	<u>Pediastrum</u>	51%	90961	<u>Pediastrum</u>	53%
		<u>Melocira</u>	91%		<u>Melocira</u>	26%		<u>Melocira</u>	17%
								<u>Oscillatoria</u>	11%
ENE, 17	2801	<u>Cianofitas</u>	(igual percent.)	4257	<u>Pediastrum</u>		18907	<u>Nitschia</u>	
		<u>Anacistis</u>			<u>Melocira</u>	(igual percent.)		<u>Melocira</u>	(igual perc.)
		<u>Clorofitas</u>			<u>Anacistis</u>			<u>Pediastrum</u>	
								<u>Anacistis</u>	
								<u>Tribonema</u>	
FEB, 21	1411	<u>Anacistis</u>	40%	1548	<u>Anacistis</u>	32%	2681	<u>Nitschia, Melocira</u>	
		<u>Melocira</u>	21%		<u>Pediastrum</u>	25%		<u>cira</u>	
		<u>Oscillatoria</u>	16%		<u>Melocira</u>	15%		<u>Pediastrum</u>	(igual perc.)
					<u>Oscillatoria</u>	10%		<u>Anacistis</u>	

CUADRO 13

CONCENTRACION DE CLOROFILA A, PARA LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS  
DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980  
(CONCENTRACION DE CLOROFILA A, EN MG/M<sup>3</sup>; NUMERO EN PARENTESIS  
ES LONGITUD DE LA COLUMNA VERTICAL EN METROS)

"COLIMA"			"SAN CRISTOBAL"			"SUCHITOTO"		
FECHA	MUESTRA SUPERFICIAL	MUESTRA VER TICALMENTE INTEGRADA	FECHA	MUESTRA SUPERFICIAL	MUESTRA VER TICALMENTE INTEGRADA	FECHA	MUESTRA SUPERFICIAL	MUESTRA VER TICALMENTE INTEGRADA
JUL, 24	79.5	38.6 ( 3)	JUL, 24	68.7	78.9 ( 3)	JUL, 10	81.8	57.4 (10)
AGO, 28	10.5	11.5 ( 5)	AGO, 28	48.4	30.6 (10)	AGO, 14	51.0	34.8 ( 8)
OCT, 4	87.5	49.6 (10)	SEP, 24	27.7	25.1 (10)	SEP, 11	34.5	20.9 (10)
OCT, 25	12.3	22.5 ( 5)	OCT, 25	8.0	8.0 (10)	OCT, 9	3.5	3.8 (10)
NOV, 27	234.0	86.0 ( 5)	NOV, 27	157.0	64.8 (10)	NOV, 13	3.6	2.8 (10)
DIC, 11	64.1	48.0 ( 5)	DIC, 11	47.5	50.9 (10)	DIC, 13	24.8	18.8 (10)
FEB, 7	44.9	34.0 ( 5)	FEB, 7	11.3	12.3 (10)	ENE, 17	179.0	26.5 (10)
FEB, 19	159.0	76.7 ( 5)	FEB, 19	66.2	54.8 (10)	FEB, 21	38.0	23.7 (10)

CUADRO 14

DENSIDAD PROMEDIO DE POBLACIONES DEL ZOOPLANCTON Y SU RELACION  
 CON EL FITOPLANCTON PROMEDIO PARA LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS  
 DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO, 1980  
 (DENSIDADES EN ORGANISMOS POR LITRO)

	"COLIMA		"SAN CRISTOBAL"		"SUCHITOTO	
	TUBO	RED	TUBO	RED	TUBO	RED
Copépodos	679	766	258	356	259	134
Ostrácodos	122	250	60	103	41	84
Cladóceros	84	82	68	137	203	203
Huevos de copépodos	289	433	88	110	63	64
Larva Nauplio	171	276	81	155	109	91
Rotíferos	326	508	45	125	61	59
Vermiformes	1	0	0	0	0	0
Arácnidos	6	0	1	14	0	1
<b>TOTALES:</b>						
- ZOOPLANCTON	1678	2315	601	1000	736	636
- FITOPLANCTON	19405	69032	18383	62211	12485	17290
$\frac{\text{ZOOPLANCTON}}{\text{FITOPLANCTON}} =$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{31}$	$\frac{1}{62}$	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{27}$

En el perfil bentónico, se nota una dominancia de Quironómidos, especialmente del género Chaborus.

Los sustratos más abundantes son arcilla y arena en la zona litoral, poco profunda, expuesta a variación anual del nivel de agua del embalse, abundando más la materia orgánica y limo, a medida que se profundiza hacia la zona limnética (Cuadro 15).

#### 4.3. Índice de Productividad Primaria

Los datos experimentales obtenidos directamente del campo, de la prueba de las botellas clara y oscura, en 4 profundidades en las estaciones "San Cristóbal" y "Suchitoto": superficie (0.3 metros), 1, 2, y 4 metros, fueron consignadas en el Cuadro 16, anotando los siguientes parámetros a utilizarse para los cálculos posteriores:

1. Fotoperíodo en horas (FP)
2. Oxígeno total producido en fotosíntesis, en mg./Lt. ( OF)
3. Oxígeno total consumido en respiración, en mg./Lt. ( OR)
4. Tiempo de incubación en horas (T.I.)

Con los resultados experimentales del oxígeno total producido en fotosíntesis (OF) y el oxígeno total consumido en respiración - (OR), se calculan los valores por hora, O.F.H. y O.R.H. respectivamente (Cuadro 17), graficando tales valores contra la profundidad en metros (Figura 5), para obtener el nivel de compensación fotosíntesis-respiración del embalse "Cerrón Grande".

Al observar los resultados del nivel de compensación (Cuadro

CUADRO 15

VALORES DE BENTOS TOMADOS DEL PERFIL DE PROFUNDIDADES HACIA LA RIBERA PARA LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE JULIO, 1979 A FEBRERO 1980

PROFUNDIDAD (en metros)	"COLIMA"		"SAN CRISTOBAL"		"SUCHITOTO"	
	SUSTRATOS MAS ABUNDANTES	ORGANISMOS DOMINANTES	SUSTRATOS MAS ABUNDANTES	ORGANISMOS DOMINANTES	SUSTRATOS MAS ABUNDANTES	ORGANISMOS DOMINANTES
1	Limo, materia orgánica, arcilla, arena	Quironómidos, <u>Hydracarina</u>	Limo, materia orgánica, piedras, grava, - arena.	Quironómidos, Oligoquetos	Limo, materia orgánica, arena.	Quironómidos, <u>Hydracarina</u>
5	Limo y materia orgánica	<u>Chaborus</u> Oligoquetos	Limo y materia orgánica.	Quironómidos, <u>Chaborus</u> , <u>Hydracarina</u>	Limo, materia orgánica y arena.	<u>Hydracarina</u>
10	Limo	<u>Chaborus</u>	Limo, materia orgánica, arcilla	<u>Chaborus</u>	Limo, materia orgánica, piedra.	<u>Chaborus</u>
20			Limo, materia orgánica, arcilla.	<u>Chaborus</u>	Limo y materia orgánica.	<u>Hydracarina</u>
38					Limo y materia orgánica.	<u>Chaborus</u>

CUADRO 16

VALORES EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE LA PRODUCTIVIDAD  
 PRIMARIA PARA LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS "SAN CRISTOBAL" Y SUCHITOTO" -  
 DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE AGOSTO, 1979 A FEBRERO, 1980

	FF.	0.3 METROS			1.0 METROS			2.0 METROS			4.0 METROS		
		O.F.	O.R.	T.I.	O.F.	O.R.	T.I.	O.F.	O.R.	T.I.	O.F.	O.R.	T. I.
"SUCHITOTO"													
AGO., 14	12.58	3.20	0.90	4.75	2.90	0.90	4.50	1.60	0.90	4.42	0.20	0.40	4.25
"SAN CRISTODAL"													
AGO., 28	12.43	3.40	0.70	4.50	1.70	0.80	5.00	0.40	0.60	5.25	0.40	0.90	5.50
"SUCHITOTO"													
SEP., 11	12.57	2.80	0.90	4.92	1.90	0.90	4.75	0.80	0.90	4.50	0.10	0.40	4.42
"SAN CRISTODAL"													
SEP., 24	12.11	2.70	0.50	5.67	2.90	0.70	6.25	1.80	0.50	6.50	1.10	0.70	6.50
"SUCHITOTO"													
OCT., 9	11.90	0.80	0.15	5.17	0.40	0.20	5.33	0.70	0.30	5.42	0.40	0.30	5.83
"SAN CRISTODAL"													
OCT., 25	11.71	0.50	1.30	4.83	1.30	2.30	5.00	0.70	1.70	4.75	0.00	1.80	5.17
"SUCHITOTO"													
NOV., 13	11.50	0.50	0.30	4.66	0.20	0.15	4.83	0.25	0.00	5.00	0.00	0.00	5.17
"SAN CRISTODAL"													
NOV., 27	11.38	9.90	1.40	5.83	1.80	1.20	6.17	1.50	1.20	6.50	0.70	0.70	6.75
"SUCHITOTO"													
DIC., 13	11.32	1.60	0.80	6.25	2.20	0.90	6.58	1.00	1.00	6.33	0.65	0.75	6.50
"SAN CRISTODAL"													
DIC., 11	11.33	2.40	0.80	4.83	3.60	0.80	5.08	1.40	0.75	5.33	0.50	0.35	5.50
"SUCHITOTO"													
ENE., 17	11.40	1.90	0.30	4.83	2.40	0.60	5.00	1.80	0.20	5.25	0.50	0.00	5.42
"SAN CRISTODAL"													
FEB., 7	11.60	2.85	0.05	6.08	1.50	0.00	6.33	1.60	0.00	5.33	0.60	0.00	6.75
"SUCHITOTO"													
FEB., 21	11.77	2.70	0.00	4.75	2.60	0.00	4.83	2.10	0.00	5.08	0.50	0.20	5.33
"SAN CRISTODAL"													
FEB., 19	11.73	6.60	0.90	6.00	4.20	0.80	6.25	1.80	0.80	6.42	1.20	1.00	6.67

CUADRO 17

VALORES CALCULADOS DE LA DETERMINACION DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA PARA ESTIMAR EL NIVEL DE COMPENSACION DE LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS "SAN CRISTOBAL" Y "SUCHITOTO" DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" DESDE AGOSTO, 1979 A FEBRERO, 1980

		0.3 METROS		1.0 METROS		2.0 METROS		4.0 METROS		NIVEL DE COMPENSAC. (en mts.)
		O.F.H.	O.R.H.	O.F.H.	O.R.H.	O.F.H.	O.R.H.	O.F.H.	O.R.H.	
"SUCHITOTO"	AGO., 14	0.67	0.18	0.64	0.20	0.36	0.20	0.04	0.09	3.55
"SAN CRISTOBAL"	AGO., 28	0.75	0.15	0.34	0.16	0.07	0.11	0.07	0.16	1.80
"SUCHITOTO"	SEP., 11	0.56	0.18	0.40	0.18	0.17	0.19	0.02	0.09	1.85
"SAN CRISTOBAL"	SEP., 24	0.47	0.08	0.46	0.11	0.27	0.07	0.16	0.10	4.90
"SUCHITOTO"	OCT., 9	0.15	0.02	0.07	0.03	0.12	0.05	0.06	0.05	4.00
"SAN CRISTOBAL"	OCT., 25	0.10	0.26	0.26	0.46	0.14	0.35	0.00	0.34	0.00
"SUCHITOTO"	NOV., 13	0.10	0.06	0.04	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	4.00
"SAN CRISTOBAL"	NOV., 27	1.69	0.24	0.29	0.19	0.23	0.16	0.10	0.10	4.00
"SUCHITOTO"	DIC., 13	0.25	0.12	0.33	0.13	0.15	0.15	0.10	0.11	2.00
"SAN CRISTOBAL"	DIC., 11	0.49	0.16	0.70	0.15	0.26	0.14	0.09	0.06	5.00
"SUCHITOTO"	ENE., 17	0.39	0.06	0.48	0.12	0.34	0.03	0.09	0.00	4.80
"SAN CRISTOBAL"	FEB., 7	0.46	0.00	0.23	0.00	0.30	0.00	0.08	0.00	5.10
"SUCHITOTO"	FEB., 21	0.56	0.00	0.53	0.00	0.41	0.00	0.09	0.03	4.45
"SAN CRISTOBAL"	FEB., 19	1.10	0.15	0.67	0.12	0.28	0.12	0.17	0.14	4.70

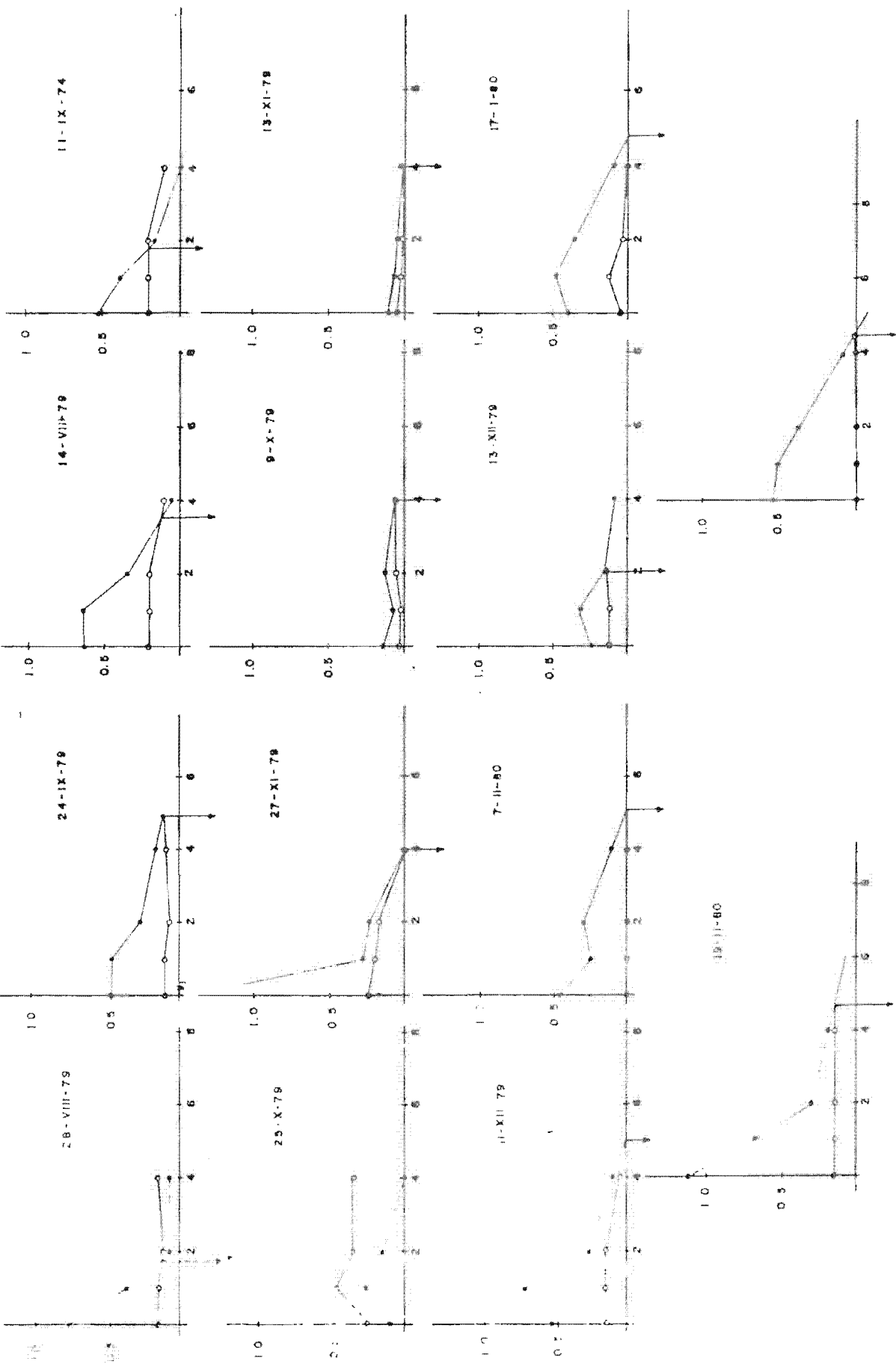


FIG. 5. VARIACION EN EL TIEMPO DEL NIVEL DE COMPENSACION DETERMINADO MEDIANTE LA RELACION DEL OXIGENO PRODUCIDO POR HORAS EN FOTOSINTEISIS EN  $Mg/Lt$  (●-●-●) Y EL OXIGENO CONSUMIDO POR HORA EN RESPIRACION EN  $Mg/Lt$  (○-○-○) CON LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS "SAN CRISTOBAL" Y "SUCNITOTO" DEL LAGALSE "CERROON GRANDE" DESDE JULIO 1979 A FEBRERO 1980



17; Figura 5) se puede decir que en ambas estaciones limnológicas, se encuentra entre 3.55 a 5.10 metros de profundidad, únicamente - ascendiendo en 4 ocasiones: "San Cristóbal", Agosto, 28 y Octubre, 25, "Suchitoto", Septiembre, 11 y Diciembre, 13, donde se obtienen profundidades para el nivel de compensación de 1.80, 0.00, 1.85 y 2.00 metros respectivamente.

Con los resultados experimentales (Cuadro 16) O.F. y O.R. se procede a calcular y consignar los índices de productividad primaria instantánea (por profundidad), tanto netos como totales (PPn. y PPT.), Cuadro 18, agregando allí el factor de conversión (Fcd) - día.

En los índices instantáneos, los máximos valores en la zona superficial, y los mínimos muy cerca de cero, se detectaron en la profundidad de 4 metros; obteniéndose índices más altos en "San --- Cristóbal" que en "Suchitoto" (Cuadro 18).

Al graficar los índices de productividad primaria instantá--- neos, totales y netos contra la profundidad, de "San Cristóbal" y "Suchitoto", se calculan los índices integrados, totales y netos, a partir de la gráfica de la figura 6 para luego consignarlos en - el Cuadro 19.

Los índices de productividad primaria integrada, tanto netos como totales, mínimos ocurren en Octubre en "San Cristóbal" y en - Noviembre en "Suchitoto"; y los máximos ocurren en Febrero 19 en "San Cristóbal" y en Agosto y Febrero en "Suchitoto".

CUADRO 18

INDICES TOTALES Y NETOS CALCULADOS DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA INSTANTANEA  
 PARA LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS "SAN CRISTOBAL" Y "SUCHITOTO" DEL ---  
 EMBALSE "CERRO GRANDE" DESDE AGOSTO, 1979 A FEBRERO, 1980  
 ( UNIDADES DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA INSTANTANEA EN MG. DE C./M<sup>3</sup>/ DIA )

		0.3 METROS			1.0 METROS			2.0 METROS			4.0 METROS		
		Fcd.	FPn.	PFt.	Fcd.	FPn.	PFt.	Fcd.	FPn.	PFt.	Fcd.	FPn.	PFt.
"SUCHITOTO"	AGO., 14	2.65	2284	3178	2.80	2100	3042	2.85	748	1708	2.96	0	222
"SAN CRISTOBAL"	AGO., 28	2.76	2795	3522	2.49	840	1586	2.37	0	355	2.26	0	339
"SUCHITOTO"	SEP., 11	2.49	1774	2619	2.58	968	1842	2.68	0	804	2.78	0	106
"SAN CRISTOBAL"	SEP., 24	2.14	1766	2164	1.94	1601	2108	1.86	907	1256	1.86	279	770
"SUCHITOTO"	OCT., 9	2.30	561	691	2.23	167	335	2.20	330	577	2.04	77	306
"SAN CRISTOBAL"	OCT., 25	2.42	0	456	2.34	0	1143	2.47	0	648	2.26	0	0
"SUCHITOTO"	NOV., 13	2.47	185	464	2.38	45	179	2.30	216	216	2.22	0	0
"SAN CRISTOBAL"	NOV., 27	1.95	6215	7248	1.84	414	1245	1.75	197	986	1.69	0	443
"SUCHITOTO"	DIC., 13	1.81	543	1087	1.72	839	1419	1.79	0	671	1.74	0	425
"SAN CRISTOBAL"	DIC., 11	2.35	1410	2111	2.23	2342	3011	2.13	519	1116	2.06	116	387
"SUCHITOTO"	ENE., 17	2.36	1416	1683	2.28	1539	2052	2.17	1302	1466	2.10	395	395
"SAN CRISTOBAL"	FEB., 7	1.91	2006	2040	1.83	1032	1032	2.18	1306	1306	1.72	387	367
"SUCHITOTO"	FEB., 21	2.48	2511	2511	2.44	2379	2379	2.32	1827	1827	2.21	414	240
"SAN CRISTOBAL"	FEB., 19	1.96	4190	4839	1.88	2397	2956	1.83	686	1233	1.76	132	791

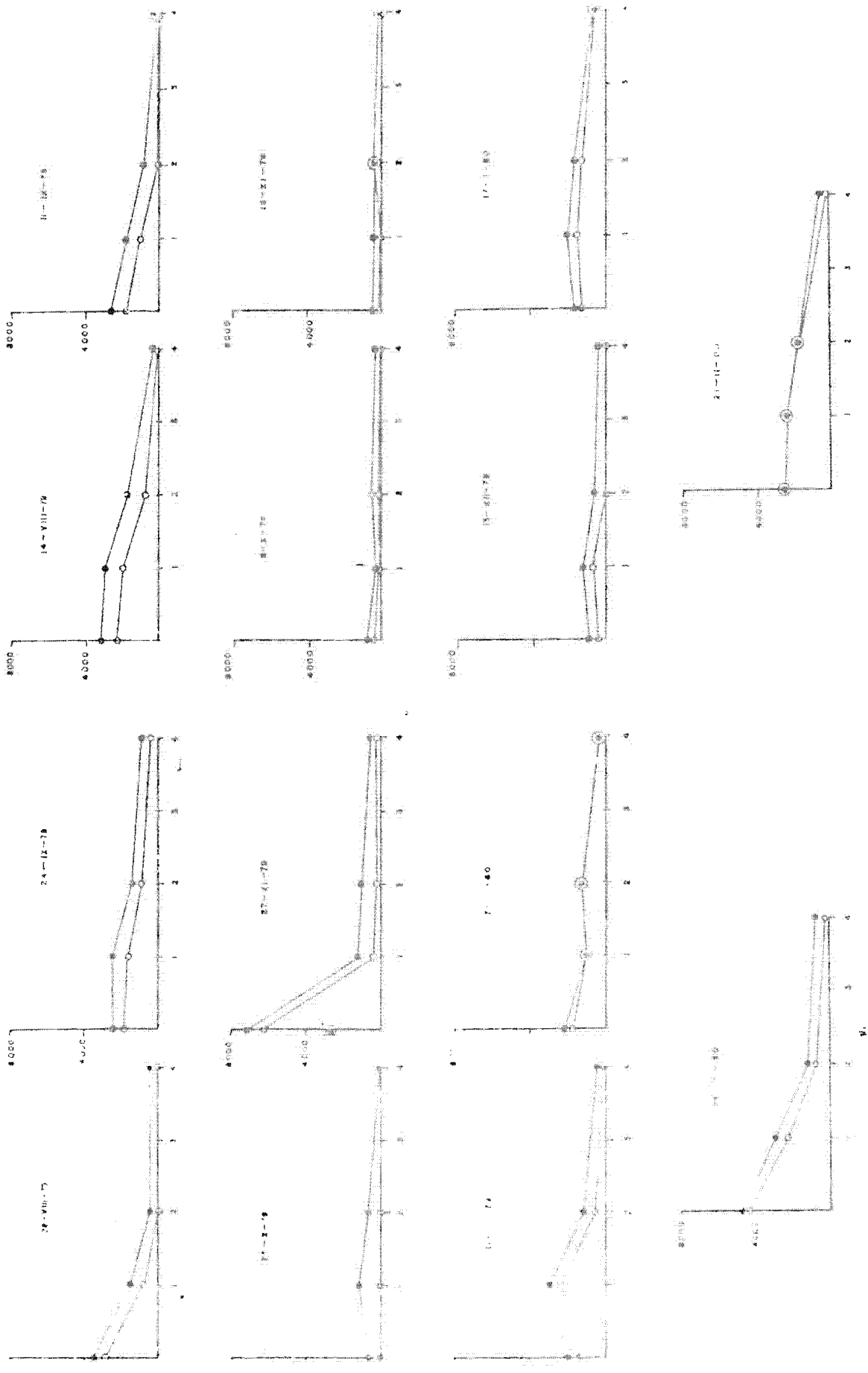


FIGURA 4. VARIACION EN EL TIEMPO DE LOS VALORES INSTANTANEOS DE CARGAS ACUMULADO EN FOTONISS DIURNOS EN M/M CON LA PROFUNDIDAD TANTO VALORES (O---O) COMO TOTALES (---) PARA LA ESTACION "SAN CRISTOBAL" DEL EMBALSE "GERRON GRANDE" DESDE JULIO 1979, A FEBRERO 1980.

CUADRO 19

INDICES TOTALES Y NETOS DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA INTEGRADA EN LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS  
 "SAN CRISTOBAL", "SUCHITOTO" DEL EMBALSE "CEFROM GRANDE" DESDE AGOSTO, 1979 A FEBRERO, 1980  
 ( EN AREA BAJO LA CURVA, 1 CENTIMETRO CUADRADO= 1000 MG. C./M<sup>2</sup>/DIA)

"SUCHITOTO"					"SAN CRISTOBAL"				
FECHA	PROD. PRIMARIA NETA		PROD. PRIMARIA TCT.		FECHA	PROD. PRIMARIA NETA		PROD. PRIM. TOTAL.	
	Area bajo la curva (cms. <sup>2</sup> )	Mgms. de Carbono /mt <sup>2</sup> ./día	Area bajo la curva ( cms. <sup>2</sup> )	Mgms de Carbono /mt <sup>2</sup> ./día		Area bajo la curva ( cms. <sup>2</sup> )	Mgms. de Carbono /mt <sup>2</sup> ./día	Area bajo la curva ( cms. <sup>2</sup> )	Mgms. de Carbono /mts. <sup>2</sup> ./día
AGO., 14	4.3	4300	7.4	7400	AGO., 28	2.4	2400	4.2	4200
SEP., 11	2.2	2200	4.4	4400	SEP., 24	3.8	3800	5.8	5800
OCT., 9	0.9	900	1.8	1800	OCT., 25	0.0	0	2.3	2300
NOV., 13	0.6	600	0.7	700	NOV., 27	4.0	4000	6.7	6700
DIC., 13	1.2	1200	3.4	3400	DIC., 11	3.9	3900	6.1	6100
ENE., 17	4.0	4000	5.4	5400	FEB., 7	4.0	4000	4.4	4400
FEB., 21	6.4	6400	6.7	6700	FEB., 19	5.3	5300	7.9	7900

Los rangos para "Suchitoto", tanto netos como totales fueron - de 600 a 6400 y de 700 a 7400 mg. de carbono/mt.<sup>2</sup>/día, respectivamente.

Los rangos para "San Cristóbal", tanto netos como totales, fueron de 0 a 5300 y de 2300 a 7900 mg. de C./mt.<sup>2</sup>/ día, respectivamente.

## 5. D I S C U S I O N

El rango de temperatura encontrado en el embalse "Cerrón Grande" desde la superficie al fondo es de 29<sup>a</sup> C. a 24<sup>a</sup>C., similar al encontrado en el lago Güija de 30<sup>a</sup> C. a 26<sup>a</sup>C. de la superficie al fondo (López et al., 1975; Hernández & De Georges, 1975a), al del embalse "5 de Noviembre" de 33<sup>a</sup>C. a 26.7<sup>a</sup>C. de la superficie al fondo (Hernández & De Georges, 1975b), a la laguna de Aramuaca de 30<sup>a</sup>C. a 27<sup>a</sup> C. de la superficie al fondo debido a que todos son lagos tropicales de tierras bajas de El Salvador.

Estos rangos de temperatura, cumplen la condición térmica que señala Odum (1972) para el rango de temperatura de la superficie al fondo para lagos tropicales de 30<sup>a</sup> C. a 20<sup>a</sup> C., diferenciándose de los lagos templados que poseen rangos de 20<sup>a</sup>C a 5<sup>a</sup>C (Margalef, 1974), caso que se presenta en la Laguna Verde, El Salvador, que por ser de altura posee una temperatura de lago templado de 17.9<sup>a</sup> C. (Godínez & De Georges, 1975).

Las termoclinas presentadas en el embalse "Cerrón Grande" no cumplen la ley de Birge que establece que la profundidad a la cual el descenso de 1<sup>a</sup>C. corresponde el descenso de 1 metro de profundidad (Welch, 1963), sino más bien una condición de termoclina apenas definida y poco estable como en cualquier lago tropical (Ruttner, 1964; Odum, 1972).

Sin embargo se nota que la termoclina está más definida entre más profundo sea el lago y más grande y frío sea su hipolimnio, es-

tando menos definida y más superficial en lagos menos profundos.

Así, en Aramuaca, Godínez & De Georges (1975) encontraron -- que la termoclina es muy superficial por ser un lago de apenas 14 -- metros de profundidad; y en "Colima" en el embalse "Cerrón Grande" se localiza entre 2 a 4 metros, descendiendo en Septiembre y Octu-- bre, por las lluvias y vientos que enfrían el agua (Cuadro 2; Figu-- ra 4).

En las estaciones del embalse "Cerrón Grande", San Cristóbal" y "Suchitoto", por ser más profundas, presentan termoclinas más pro-- fundas, con rangos de variación en el tiempo de 4 a 8 metros de pro-- fundidad, descendiendo en Septiembre y Octubre hasta 10 metros.

En las partes profundas del lago Güija, la termoclina se ubica de 7 a 13 metros, por ser un lago más profundo que el "Cerrón Gran-- de" (López et al., 1975) y de 5 a 15 metros según dato reportado -- por Hernández & De Georges (1975 a); en el embalse "5 de Noviembre", más profundo que el "Cerrón Grande" presenta una termoclina poco de-- finida entre 13 y 20 metros de profundidad (Hernández & De Georges, 1975b).

El descenso de la termoclina desde Octubre a Noviembre, por -- los vientos fríos superficiales en el embalse "Cerrón Grande" (Cua-- dros 2 al 4; Figura 4), parece indicar que con el descenso de la -- temperatura ambiental, la estratificación térmica tiende a desapare-- cer, similar situación que se presentan en la Laguna Verde, El Sal-- vador, donde por la altura y las bajas temperaturas, no existe es-- tratificación térmica, pues la columna vertical de agua presenta u--

na temperatura uniforme de 17.9<sup>a</sup> C. (Godínez & De Georges, 1975).

También Margalef (1974) señala que en los embalses de clima templado, desaparece la termoclina en los meses fríos de Noviembre a Enero.

En las dos estaciones más profundas del embalse "Cerrón Grande", se puede notar que la termoclina se presenta siempre más abajo de los 4 metros de profundidad, permitiendo así la formación de un epilimnio estable en el tiempo de al menos 4 metros de espesor (Cuadros 3 y 4; Figura 4).

Teniendo este epilimnio, niveles de oxígeno superiores a 4.0 mg./Lt., valor mínimo permisible para la formación de vida acuática (Ewert, 1978), lo que permitirá allí la formación de la zona trofógena de organismos productores primarios (Russell-Hunter, 1973).

Los parámetros químicos del embalse "Cerrón Grande" son similares a los mostrados en el lago Güija (Hernández & De Georges, 1975a; López et al., 1975), a los del embalse "5 de Noviembre" (Hernández & De Georges, 1975b), por ser cuerpos de agua de la misma cuenca. Siendo a su vez similares a los de Castro & Robinson (1976) para el río Lempa, antes de la construcción del embalse "Cerrón Grande" y a los de Ewert (1978) en el embalse "Cerrón Grande", anteriores a los del presente estudio (Cuadros 5 a 7).

Para discutir los parámetros físicos, químicos y biológicos con el índice de productividad primaria integrado del embalse "Cerrón Grande", por actuar como una unidad limnológica en mutua inter



dependencia (Smith, 1966), se va a realizar en una sola gráfica que los reuna a todos (Figura 7); tomando en cuenta que los parámetros físico-químicos determinados con el equipo Hach, por el bajo grado de confianza, sólo dan una idea aproximada del parámetro analizado.

Las determinaciones de fosfatos se suprimieron de la discusión y de los resultados, por el deficiente estado de los reactivos Hach, por considerar a los datos con un grado de confiabilidad muy bajo.

Al observar los parámetros del ciclo del carbono (Russell-Hunter, 1973; Salgado & Parkman, 1974; Beadle, 1974) en el embalse "Cerrón Grande" (Figura 7.1), cuyos rangos de bicarbonatos de 57.5 a 132.5 mg./Lt. en las 3 estaciones limnológicas, son superiores a 50.0 mg./Lt., valor que dice "a priori" que la productividad primaria será alta (Sreenivasan, 1964).

Estos altos valores de bicarbonatos, junto con los bajos rangos de  $\text{CO}_2$  en el embalse "Cerrón Grande" de 8 a 48 mg./Lt. (Figura 7.1), indican que estos bicarbonatos al disolverse y transformarse en  $\text{CO}_2$ , no se acumula el proceso del ciclo del carbono en este compuesto, pues los valores de pH alcalinos (9.18 a 6.60), según se ve en Figura 7.1, dicen que la mayoría del  $\text{CO}_2$  es utilizada por los organismos autótrofos en fotosíntesis para aumentar la productividad primaria; situación que es explicada así por los limnólogos al analizar los procesos del ciclo de carbono en los lagos (Russell-Hunter, 1973; Salgado & Parkman, 1974; Beadle, 1974).

Al observar la casi estabilidad de la curva en el tiempo de los parámetros del ciclo del carbono del embalse "Cerrón Grande" (Figura

ra 7.1) y compararlos con los del índice de productividad primaria del mismo embalse (Figura 7.4), se deduce que los segundos no dependen de los primeros, pues sus variaciones en el tiempo no coinciden entre sí; por lo tanto, ningún parámetro del ciclo del carbono será limitante de ningún parámetro ni proceso biológico (Odum, 1972) del embalse "Cerrón Grande".

Al comparar los valores del disco Secchi del embalse "Cerrón Grande" (Figura 7.2) con los índices de productividad primaria del mismo embalse (Figura 7.4), se nota que para "San Cristóbal" y "Suchitoto", se cumple lo que señala Odum (1972) y Margalef (1972) de ser inversamente proporcional, pues al haber poca transparencia, indica que hay muchas células del fitoplancton, lo que hace que los índices de productividad primaria sean altos.

Pero en "Colima" por haber mucha contaminación orgánica (Ewert, 1978), se da la situación que señala Fraga (1979a) que los datos del Secchi, aunque señalen poca transparencia por valores bajos (Figura 7.2; Cuadro 8), esa poca transparencia no se debe a Fitoplancton sino a arcilla y otros sólidos en el agua, por lo —que el fitoplancton y clorofila A serán bajos (Cuadros 9 a 13; Figura 7.2).

Y si tanto el fitoplancton y clorofila, tienen bajos valores en "Colima", el índice de productividad primaria integrado, aunque no se determinó puede deducirse que será muy bajo corroborando lo que dice Fraga (1979b) de que cuando los valores del disco Secchi sean bajos, debido no a fitoplancton sino a arcilla la productivi-

dad primaria será baja y por lo tanto allí el cuerpo de agua tendrá mucho menor capacidad de sostenimiento para el resto de poblaciones biológicas, pues la luz penetrará menos y habrá menos fotosíntesis.

Al comparar los valores del Secchi de "San Cristóbal" y "Suchitoto", en el embalse "Cerrón Grande", de 55 a 186 centímetros y 40 a 290 centímetros, respectivamente (Cuadro 8; Figura 7.2), con los del lago Güija de 20 a 95 centímetros, según Hernández & De Georges (1975a) y de 90 a 150 centímetros, según López et al (1975), muestra similitud de condiciones, debido a que ambos cuerpos de agua pertenecen a la misma cuenca, están intercomunicados y poseen iguales condiciones físico-químicas, como ya se discutió anteriormente.

También se notó similar situación de los valores Secchi del embalse "Cerrón Grande" (Cuadro 8; Figura 7.2) con los del embalse "5 de Noviembre", pues éste presenta 120 centímetros en la zona central del embalse y 40 a 60 centímetros para la zona de transición río-lago, según señala Hernández & De Georges (1975b), lo que muestra similitud en condiciones físico-químicas, como ya se discutió anteriormente, debido a que son dos cuerpos de agua tropicales, de tierras bajas, del mismo origen, de la misma cuenca y que están intercomunicados entre sí. Sin embargo, en la Laguna Verde, donde existen diferencias geográficas y físico-químicas tan diferentes al embalse "Cerrón Grande", como ya se discutió anteriormente, se dan valores Secchi muy diferentes, de 400 a 700 centímetros en Laguna Verde (Godínez & De Georges, 1975) a los del embalse "Cerrón Grande" (Cuadro 8; Figura 7.2), de donde se deduce que el índice de pro

ductividad primaria integrada del primer cuerpo de agua mencionado, será mucho más bajo que en el segundo.

Al comparar los valores de clorofila A (Figura 7.2) con los de fitoplancton y del índice de productividad primaria integrada, se nota cierta paridad en las curvas, en el embalse "Cerrón Grande", pues si abunda el fitoplancton, debe haber también bastante clorofila A y por lo tanto un alto índice de productividad primaria integrada.

Se observa en los datos de clorofila A (Cuadro 13), mucha variación en ellos, indistintamente en cualquier estación limnológica, en la muestra superficial y en la columna vertical, lo que resulta muy difícil concluir algo; pero los máximos valores reportados para las tres estaciones en un rango de 157 a 234 mg./mt<sup>3</sup>, son aproximadamente dos tercios del rango de valores máximos reportados en el mundo para clorofila A en lagos, en el lago Araguadi en Etiopía (Beadle, 1974) de 221 a 325 mg./Mt<sup>3</sup>, lo que indica que el embalse "Cerrón Grande" es rico en clorofila A, importante pigmento para una alta productividad primaria.

Según el análisis cualitativo de fitoplancton, donde se destaca la presencia o ausencia de los géneros en la época seca o lluviosa del embalse "Cerrón Grande" durante el estudio, se observará en el cuadro 9 que la dominancia de Oscillatoria sp., Melocira sp., Pediastrum sp., Asterionella sp., Fragilaria sp., Anacistis sp., y otras, están reportadas como características de embalses artificiales eutróficos (Margalef, 1974).

Los géneros reportados por López et al. (1975) y por Hernández & De Georges (1975a) para lago Güija, por la similitud limnológica discutida anteriormente, con el embalse "Cerrón Grande", coinciden cualitativamente (Cuadro 9) entre los que destacan Tribonema sp., Ceratium sp., Staurastum sp., Closterium sp., Anabaena sp., Oscillatoria sp., Pediastrum sp., diatomeas y otras.

También García & Robinson (1975) reportan cierta coincidencia de géneros en las especies del fitoplancton del río Sucio con el "Cerrón Grande", a pesar del alto grado de contaminación orgánica de este río entre las que destacan Oscillatoria sp., y Navicula sp., (Ewert, 1978) (Cuadro 9).

Igual coincidencia se da con Tribonema sp., Oscillatoria sp. y Anabaena sp., reportadas para el embalse "5 de Noviembre" (Hernández & De Georges, 1975) con las del embalse "Cerrón Grande" (Cuadro No. 9), por similitudes físico químicas discutidas anteriormente.

Cierta coincidencia es reportada en el río Lempa, antes de la construcción del embalse, (Castro & Robinson, 1976), en Pediastrum sp., Scenedesmus sp., y Staurastum sp., y después de la construcción de la misma (Cuadro 9).

De igual manera el fitoplancton de la zona del bajo Lempa, cerca de la desembocadura (García, et al., 1973) coincide con el embalse "Cerrón Grande" en las siguientes especies Tribonema sp., Oscillatoria sp., Pediastrum sp., Scenedesmus sp. y otras, lo que muestra la adaptabilidad de estos géneros a diferentes habitats limnológicos (Cuadro 9).

Ewert (1978), dos años antes, reporta coincidencia en los géneros del embalse "Cerrón Grande", Navicula sp., Nitschia sp., -- Fragilaria sp., Scenedesmus sp., Pediastrum sp. y otros (Cuadro 9), lo que indica que el embalse "Cerrón Grande" aún está estabilizando sus procesos de descomposición de la materia orgánica de la -- cuenca recién inundada.

En el análisis cuantitativo de las tres estaciones limnológicas del embalse "Cerrón Grande" (Cuadros 10 a 12), se distinguen -- tres períodos dentro del estudio con diferente composición foto-- planctónica.

Así en Julio a Septiembre, por la época lluviosa, se nota dominancia casi exclusiva de Oscillatoria sp., propia de cuerpos de agua eutróficos (Margalef, 1974) pues por las lluvias, los tributa -- rios del embalse le llevan acumulos de nutrientes orgánicos e -- inorgánicos que le hacen eutrófico (Ewert, 1978).

En Octubre a Diciembre, o a veces hasta Enero, aparece un período pobre en fitoplancton, dominando Melocira sp., Pediastrum -- sp., y Nostoc sp., debido a cambios físico-químicos en la calidad de agua y por los desechos agroindustriales arrojados al embalse -- de su cuenca; también contribuyen a la pobreza del fitoplancton, -- los vientos fríos superficiales que enfrían el epilimnio haciéndolo denso, provocándose recirculación y mezcla de las aguas de todo el lago, desapareciendo así la estratificación, denominándose a es -- te proceso inversión (Deadle, 1974; Welch, 1963; Ruttner, 1964).

Por último, a partir de Enero y Febrero, al disminuir los de-

sechos agroindustriales, se restituye poco a poco la condición limnológica del primer período, al empezar con la dominancia de las - Cianofitas como Oscillatoria sp. y Anacistis sp. (Cuadros 10 a 12).

Esta variación en la condición limnológica manifestada por la alteración del fitoplancton antes descrita, hace ver que alteraciones ecológicas de la cuenca causadas por el hombre van modificando negativamente año con año el embalse.

Al comparar la densidad del fitoplancton superficial del embalse "Cerrón Grande" (Cuadros 10 a 12) con la del lago Güija (Hernández & De Georges, 1975a), se nota que la primera es mayor que la segunda, debido a que en el embalse "Cerrón Grande" por haber mayores aportes de nutrientes (Ewert, 1978) es más eutrófico que lago Güija.

La misma condición de aumento fitoplanctónico de la época lluviosa sobre la seca del embalse "Cerrón Grande" (Cuadros 10 a 12) - se da también en lago Güija (López et al., 1975) y en embalse "5 de Noviembre" (Hernández & De Georges, 1975b), lo que indica que la época lluviosa por los aportes de nutrientes de las cuencas de los - cuerpos de agua tienden a aumentar la eutroficidad de ellos.

De los tres métodos de toma de muestra de fitoplancton, la superficial está en relación de 100: 1 con las otras muestras verticales de 10 metros (Cuadros 11 a 12), talvez por tomar estas muestras agua del hipolimnio, desde siete metros en todo el embalse (Figura 4), lo que ocasiona que la parte de la muestra pobre en fitoplancton, al mezclarse con la parte alta con fitoplancton se diluyan al -

mismo en la muestra.

Esta situación de 100: 1 de la muestra superficial de fitoplancton sobre las dos muestras verticales, hace que estas dos últimas muestras tengan deficiencia de método pues serían más representativas si sólo fueran de epilimnio; situación que hace que la muestra superficial sea la más representativa del embalse.

En "Colima", a pesar de sólo tomarse muestras verticales de 5 metros, por ser de poca profundidad esta estación limnológica, por su contaminación existente (Ewert, 1978) y por su Hipolimnio que empieza más superficialmente (figura 4), hace que estas dos muestras tengan muy poco fitoplancton.

Al comparar los organismos dominantes en el análisis cuantitativo del fitoplancton (Cuadros 10 al 12) se nota que en los periodos desde Julio a Septiembre y de Enero a Febrero en el embalse "Cerrón Grande" se nota que dominan Cianofitas como Oscillatoria sp. y Anacistis sp., que son propias de cuerpos de agua eutróficos (Margalef, 1974; Linke, 1975), lo que indica que en estos dos periodos sin perturbaciones físico-químicas ocasionales, el embalse es muy productivo.

Tres aspectos son de notar en el análisis de zooplancton (Cuadro 14): a) La dominancia de copépodos, como huevos, larvas o adultos, propios de cuerpos de agua eutróficos (Margalef, 1974); b) la ausencia total de ellos en la muestra superficial, debido a que en realidad no hay en esa zona o por lo reducido de la muestra,



lo que la hace no representativa para zooplancton; y c) La relación fitoplancten-zooplancton en un rango desde 1: 12 a 1:62, lo que coincide con la relación productores-consumidores para ecosistemas estables, donde se encuentra la siguiente relación 1: orden de magnitud 10, lo cual significa que el grado de estabilidad del ecosistema del embalse "Cerrón Grande" es bueno todavía (Odum, 1972).

La presencia de limo en el bentos del embalse "Cerrón Grande" indica que como embalse nuevo aún está en proceso de descomposición de materia orgánica (Odum, 1972), proceso que es constante en el embalse por el aporte fluvial al embalse (Ewert, 1978); situación que está corroborada por la presencia de Chaborus sp. e Hydracarina sp. (familia Quironomidae) como indicadores de contaminación (Odum, 1972); (Cuadro 15).

Según Ewert (1978), valores de 200 micromhos/cm. de conductividad o mayores, garantizan una actividad biológica alta en un medio acuático, por lo tanto una mayor productividad primaria, situación que se da en el embalse "Cerrón Grande" (Figura 7.3, 7.4), pues la productividad primaria es alta, por los constantes aportes de nutrientes al embalse (Ewert, 1978).

Además en "Colima" y "San Cristóbal" (Figura 7.3), se aumenta la conductividad en los meses lluviosos de Julio a Septiembre, por aumento de nutrientes en el agua (Ewert, 1978) disminuyendo en Octubre, por las inversiones constantes y aumentando en los meses de época seca: Noviembre a Febrero, por la alteración agroindustrial del embalse (Ewert, 1978).

En "Suchitoto" por la lejanía con "Colima" y los tributarios - de la contaminación orgánica (Ewert, 1978) el aumento de conductividad es únicamente en la época lluviosa (Figura 2; Figura 7.3), pues allí ya no hay contaminación agroindustrial.

En cuanto a los valores de nitratos en el tiempo en el embalse "Cerrón Grande" (Figura 7.3), se nota que los valores mínimos en las tres estaciones limnológicas, se dan en Octubre y Noviembre, - justo al inicio de las actividades agroindustriales de la cuenca - del embalse "Cerrón Grande" (Ewert, 1978), haciéndose después la - curva muy variable en "Colima" y "San Cristóbal" por la cercanía de la contaminación, mientras que en "Suchitoto", se mantiene la tendencia de la curva en un ligero aumento gradual, pues allí no existe tanta contaminación agroindustrial.

Al comparar la curva de los nitratos con la del  $\text{NH}_3$  del embalse "Cerrón Grande" en el tiempo (Figura 8) se observará que ambas - curvas son inversamente proporcionales, ya que una mayor producción de  $\text{NH}_3$  demanda un mayor gasto del oxígeno, necesario para la producción de nitratos, disminuyendo por ésto, los nitratos (Russell-Hunter, 1973).

El incremento de  $\text{NH}_3$ , (Figura 8) se relaciona con el acumulo en estos meses de desechos orgánicos nitrogenados de las actividades agroindustriales de la cuenca del embalse "Cerrón Grande", ya - que  $\text{NH}_3$  es producto de la descomposición de estos desechos (Ewert, 1978).

Al comparar las curvas de nitratos (Figura 7.3) con el índice

integrado de productividad primaria en el tiempo, en "San Cristóbal" y "Suchitoto" (Figura 7.4), se nota coincidencia en ambas, tanto en los mínimos valores de ambos, en los meses de Octubre y Noviembre, como en los máximos valores, en Julio a Septiembre y Enero y Febrero.

Esto hace concluir que en el embalse "Cerrón Grande" los nitratos son el factor limitante de la productividad primaria, pues las variaciones de estos, alteran aquella (Odum, 1972); ya que los nitratos son la forma inorgánica como el nitrógeno es utilizado por la célula para formación proteica que aumentará la formación de cloroplastos fotosintéticos (Welch, 1963; Russell-Hunter, 1973; Ruttner, 1964; Beadle, 1974).

Otro efecto que corrobora la dependencia de los nitratos para la productividad primaria en el embalse "Cerrón Grande" es que en "Colima" y "San Cristóbal", en Octubre y Noviembre, aumenta el  $\text{SH}_2$  (Cuadros 5 y 6), disminuyendo el oxígeno disuelto por gasto en descomposición orgánica por los desechos agroindustriales en la cuenca del embalse (Ewert, 1978); ( Cuadros 2 al 4), siendo el azufre del  $\text{SH}_2$  proveniente de la descomposición de esos desechos nitrogenados.

Con respecto a los índices integrados e instantáneos de productividad primaria, es necesario considerar que los organismos productores primarios son "Máquinas" productoras de energía, las cuales utilizan parte de esa energía para sus propias necesidades respiratorias, quedando una energía neta la cual pasa al nivel tró

fico siguiente (Deadle, 1974).

Esta relación de la productividad primaria total hacia la productividad primaria neta o la respiración varía en los diferentes ecosistemas según el grado de desarrollo de la sucesión biológica (López & González, 1978).

Según esto, en el embalse "Cerrón Grande", al relacionar el índice de productividad primaria integrado total entre la diferencia de los índices integrados total y neto, equivaldría a determinar el coeficiente Productividad/Respiración que señala López & González (1978).

Y como se puede observar en el Cuadro 20, tanto en "San Cristóbal" como en "Suchitoto" es mayor que 1.0, luego el ecosistema del embalse "Cerrón Grande" se puede considerar como una sucesión ecológica en etapas de desarrollo (López & González, 1978) antes de alcanzar el clímax sucesional.

Aunque el embalse "Cerrón Grande" esté en etapas de desarrollo sucesional (López & González, 1978), según el Cuadro 20 en "San Cristóbal" se da un caso que  $P/R$  es igual a 1.0 y  $P/B$  es mínima igual a cero, debido a un caso de clímax temporal motivado por la contaminación agroindustrial (Ewert, 1978), lo que indica que por esa perturbación el embalse "Cerrón Grande" podría madurar tempranamente.

Al discutir algunos aspectos de la metodología de determinación de la productividad primaria por las botellas Clara-Obscura, es necesario hacer notar que existen diferentes criterios con res—

CUADRO 20

RELACIONES ENTRE INDICES DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA TOTAL Y NETA CON BIOMASA, PARA LAS ESTACIONES LIMNOLOGICAS "SAN CRISTOBAL" Y "SUCHITOTO" DEL EMBALSE "CERRON GRANDE" -- AGOSTO, 1979 A FEBRERO, 1980

Pt-Pn = Diferencia entre la productividad primaria integrada total y neta, equivalente a la productividad primaria consumida por respiración del fitoplancton.

F/R = Coeficiente PRODUCTIVIDAD/RESPIRACION, equivalente a Pt/Pt-In

P/B = Coeficiente PRODUCTIVIDAD/BIOMASA, equivalente a Pt/organismos por litro

%Fn a Pt = Porcentaje del índice neto del total de la productividad primaria integrada

S U C H I T O T O					S A N C R I S T O B A L				
FECHA	Pt-Pn	F/R	P/B	%Fn a Pt	FECHA	Pt-Pn	F/R	P/B	%Fn a Pt
Agosto, 14	3100	2.4	9X10 <sup>-5</sup>	58.1%	Agosto, 28	1800	2.3	17X10 <sup>-5</sup>	57.1%
Septiembre, 11	2200	2.0	21X10 <sup>-5</sup>	50.0%	Septiembre, 24	2000	2.9	29X10 <sup>-5</sup>	65.1%
Octubre, 9	900	2.0	245X10 <sup>-5</sup>	50.0%	Octubre, 25	2300	1.0	0	0.0%
Noviembre, 13	100	7.0	27X10 <sup>-5</sup>	85.7%	Noviembre, 27	2700	2.5	11X10 <sup>-5</sup>	59.7%
Diciembre, 13	2200	1.5	5X10 <sup>-5</sup>	35.3%	Diciembre, 11	2200	2.7	45X10 <sup>-5</sup>	63.9%
Enero, 17	1400	3.9	51X10 <sup>-5</sup>	74.1%	Febrero, 7	400	11.0	53X10 <sup>-5</sup>	90.9%
Febrero, 21	300	22.0	178X10 <sup>-5</sup>	95.5%	Febrero, 19	2600	3.0	59X10 <sup>-5</sup>	67.1%

pecto al tiempo de incubación; así Stoker et al. (1972) utiliza — tiempos de dos horas, Vollenweider et al. (1972) con cuatro horas y Funk & Gaufin (1971) lo hacen con ocho a doce horas, pues tiempos — más largos favorecen crecimiento bacteriano que consume oxígeno que sólo debe consumir el fitoplancton (Strickland & Parsons, 1972); — por lo tanto en el presente estudio se utilizó de cuatro a seis horas (Cuadro 16).

El problema de utilizar tiempos muy largos puede ocasionar que haya menos o más oxígeno del que tiene que salir en las botellas, — introduciéndose errores, como en las pruebas realizadas en lagos de Alaska por Dugdale & Wallace (1960), quienes obtuvieron algunos resultados negativos en la botella oscura que no se pueden analizar, por utilizar tiempos de incubación de 24 horas.

Sobre el factor 375 para convertir los mg./Lt. de oxígeno en — mg./Mt<sup>3</sup>. de carbono (fórmula 5), Vollenweider et al. (1972) advierte que su utilización es suponiendo condiciones teóricas, es decir cuando el F.Q. (coeficiente de fotosíntesis, según Strickland & Parsons, 1972) sea igual a 1.0 siendo el producto de la fotosíntesis — carbohidratos, los cuales van inmediatamente al metabolismo celular

Esta situación anterior de F.Q. igual a 1.0 se da cuando Cianofitas, Clorofitas y Diatomeas están en una dominancia por igual aproximadamente (Sreenivasan, 1964). Pero cuando el fitoplancton es — tá dominado especialmente por Diatomeas, como en ecosistemas acuáticos marinos (Margalef, 1972), el producto final de la fotosíntesis

en el metabolismo celular completo se inclinará hacia las proteínas y silicatos para la coraza externa (Vollenweider et al., 1972) y el P. Q. se desplazará de 1.2 a 1.6 en los casos extremos, siendo el factor de conversión desde 312 a 278; en el presente estudio se utilizó el factor 375, pues la condición fitoplanctónica de dominancia de Cianofitas y Clorofitas (Cuadros 9 a 12) haría que el P. Q. tienda a 1.0

La explicación limnológica del fenómeno que ocurre en el par de botellas de productividad primaria, parte del hecho según explicación de Vollenweider et al. (1972), de que ambas botellas con el mismo volumen de agua de la misma muestra, con similares condiciones físicas y químicas y biológicas, lo que hace que se suponga que tienen el mismo fitoplancton en cuanto a calidad y cantidad de especies.

En ambas botellas únicamente se varió el parámetro de la presencia de la luz en una de ellas; lo que hace esperar que mientras en la botella con luz (clara) el fitoplancton realiza fotosíntesis y respiración, siendo el oxígeno disuelto en determinado momento la resultante de ambos procesos biológicos; en la botella a la que se quitó la luz (obscura), no hay fotosíntesis, únicamente respiración que gasta el oxígeno de la muestra y como ambas botellas, por ser de la misma muestra, tienen el mismo oxígeno inicial lo gastado en la obscura, que si se conoce, será igual a la respiración de la clara, luego al sumar lo gastado más lo producido neto en la clara se obtiene el valor total de fotosíntesis o productividad primaria.

Aunque Vollenweider et al. (1972) aclara que en la práctica, en la muestra, junto con el fitoplancton existe un zooplancton que sólo consume oxígeno que habría que considerar y eliminar de la muestra con un tamiz fino; esto sería una labor muy difícil y que alteraría más la muestra en vez de mejorarla pues al eliminar zooplancton se eliminarían también algún fitoplancton y entonces alteraría toda la determinación, por eso Vollenweider et al. (1972) considera que se deje al zooplancton en la muestra que en el mayor de los casos será mínimo (pues tiene algo de movilidad y podría ya no estar en la muestra) y un error constante en todas las botellas y por lo tanto que se puede despreciar en la determinación, como se hizo en el presente estudio, obteniéndose resultados satisfactorios en las pruebas experimentales (Cuadro 16).

Para delimitar la zona eufótica del embalse "Cerrón Grande", - definida como la zona de un lago iluminada desde la superficie hasta la profundidad donde sólo llega el 1% de la luz solar que penetra en el agua (Beadlo, 1974), se realiza mediante la medición del disco Secchi y el índice de productividad primaria integrada.

Al analizar las gráficas de la Figura 6 de la curva de productividad primaria instantánea, se observará que en todas existe una tendencia a ser cerca a 4.0 metros, siendo muy poco del área bajo la curva más profundo a 4.0 metros. Luego prácticamente más abajo de esta profundidad no hay productividad primaria o fotosíntesis, luego la productividad primaria integrada equivaldría a la productividad primaria de la zona eufótica del embalse "Cerrón Grande".



Según el rango Secchi del embalse "Cerrón Grande" de 1.0 a 2.0 metros de profundidad (Cuadro 8), luego más abajo de 2.0 metros de profundidad sólo llega menos del 14% de la luz de la superficie (Beeton, 1957; Margalef, 1972) y se podría aproximar que a 4.0 metros de profundidad, por casi no haber productividad primaria (Figura 6), la luz será casi cero y allí será el límite de la zona eufótica que señala Beadle (1974).

La sucesión ecológica en desarrollo del embalse "Cerrón Grande" se corrobora con el hecho de que el nivel de compensación se halle casi en todos los casos en un rango de profundidades de 3 a 5 metros (Cuadro 17), en la parte inferior de la zona eufótica.

Esta situación anterior indica que en la mayoría de la zona eufótica, la fotosíntesis es mayor que la respiración luego P/R será mayor que 1.0 en casi toda la zona eufótica, lo que es índice de sucesión ecológica en etapas de desarrollo (López & González, 1978), a pesar de la contaminación agroindustrial, la perturbación ecológica del embalse todavía es baja.

Para comparar el índice de productividad primaria de varios lagos o embalses, tropicales o templados, con los del embalse "Cerrón Grande" es necesario tener en cuenta muchas variables del lugar del cuerpo de agua (Beadle, 1974).

Las variables del lugar principales son la latitud y la altitud, que modifican a los cuerpos de agua por la temperatura disponible en ellos, calentando más o menos las aguas; dividiéndose así los cuerpos de agua en tropicales o templados, o de tierras altas o

bajas, sobre el nivel del mar (Beadle, 1974).

Al estar los cuerpos de agua, tropicales o los de tierras bajas, más calientes sus aguas, sus procesos biológicos y químicos se rán más rápidos por tener más energía disponible, incrementándose por eso más la productividad primaria (Beadle, 1974).

Así todos los cuerpos de agua de clima templado o ártico, como Windermere en Inglaterra, Lyngby Sø y Esrom Sø en Dinamarca, Lunzer Untersee en Austria, (Beadle, 1974), Naknek, Brooks y Becharof en Alaska (Goldman, 1960), embalse Viva Naughton en Wyoming, (Funk et al., 1971), los seis lagos de Tennessee: Douglas, Norris, Cherokee, Nottely, Kentucky y Beech (Taylor, 1971), tienen índices de productividad primaria (de la zona eufótica) muy bajos, con rangos desde 56 a 1443 mg. de carbono/Mt.<sup>2</sup>/ día y sólo en un caso se reportan — 6000 mg. de carbono/Mt.<sup>2</sup>/día, en el Lyngby Sø en Dinamarca, por la contaminación existente allí (Beadle, 1974); (Cuadro 21).

Al observar lo que sucede en los lagos tropicales Victoria, — Bunyoni, Mülche, y George en Uganda, Kivu en Zaire, el lago Chad, el Mairut en Egipto, Araguadi en Etiopía, (Beadle, 1974), el Kodakainal, Yercaud y Ooty en India, y el embalse "Cerrón Grande" en El — Salvador (Sreenivasan, 1964; Cuadro 21) que tienen un rango de índices productividad primaria de 619 a 22000 mg. de C./Mt<sup>2</sup>./día, muy superior al rango de lagos templados o árticos.

Al comparar los lagos tropicales de altura con los de baja altitud (Cuadro 21), se nota en la generalidad de los casos que los — primeros por efecto de menor temperatura del agua, tienen índices —

CUADRO 21

INDICES DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DE LAGOS TROPICALES Y TEMPLADOS, COMPARADOS A LOS DEL EMBALSE  
"CERRON GRANDE"

LAGO	REGION	ZONA EUFOTICA			
		PROFUNDIDAD (METROS)	TEMPERATURA (GRADOS °C)	NIVEL DE COM- PENSACION (METROS)	PRODUCTIVIDAD PRIMARIA (MG.C/MT. <sup>2</sup> /DIA)
Victoria (Uganda)	Tropical de altura	13 - 20	24 - 26		10800 - 4 200
Bunyoni (Uganda)	Tropical de altura	4	20		1800
Kivu (Zaire)	Tropical de altura		22 - 24		1440
Mulche (Uganda)	Tropical de altura		20		960
George (Uganda)	Tropical de altura		24 - 35		5400
Chad	Tropical	0.7	23 - 29		700 - 2700
Windermare (Inglaterra)	Templado	10	5 - 18		56
Mariut (Egipto)	Tropical	0.1- 0.5			10800
Araguadi (Etiopia)	Tropical de altura	0.14	19.4 - 21.4		13000 - 22000
Lynghby Sø (Dinamarca)	Templado	0.10	5.8 - 22.8		1200 - 6000 (contaminado)
Esrom Sø (Dinamarca)	Templado	8- 10	2.8 - 19.9		240 - 1200 (eutrófico)
Lunzer Untersee (Austria)	Templado	16- 20			12 - 240
Kodakainal (India)	Tropical de altura	Mayor que 5.0	17.2 - 23.2	1.0 - 5.0	273 - 619
Yercaud (India)	Tropical de altura	Mayor que 5.0	25.2 - 20.0	2.0 - 5.0	2310 - 3938
Ooty (India)	Tropical de altura	Mayor que 4.0	16.0 - 22.0	2.0 - 4.0	739 - 8160
Estanque Fertilizado (Israel)	Templado	0.7- 0.9		0.4	6162 - 8490
Estanq. no Fert. (Israel)	Templado	0.7- 0.9		0.4	1656 - 2280
Nakned (Alaska)	Artico				173
Brooks (Alaska)	Artico				158
Embalse Viva Naughton (Wyoming, U. S. A.)	Templado	10			67.8 - 114.5
Douglas (Tennessee)	Templado				943
Morris (Tennessee)	Templado				360
Cherokee (Tennessee)	Templado				1416
Nottely (Tennessee)	Templado				208
Kentucky (Tennessee)	Templado				1443
Beech (Tennessee)	Templado				619
"San Cristóbal"	Tropical	4.0- 5.0	30.5 - 26.6	1.85 - 4.90	2300 - 7900
(Embalse "Cerrón Grande")					
"Suchitoto"	Tropical	4.0- 5.0	30.2 - 26.3	0.005.10	700 - 7400

de productividad primaria más bajos que los segundos.

Por eso Kivu, Bunyoni, Múlche y George en Uganda (Beadle, 1974), Yercaud y Kodakainal en India (Sreenivasan, 1964) tienen índices -- más bajos que Mariut en Egipto (Beadle, 1974) y embalse "Cerrón Grande" en El Salvador (Cuadro 21).

Pero en el caso de dos lagos tropicales de altura, Ooty en India (Sreenivasan, 1964), y Araguadi en Etiopía (Beadle, 1974), tienen índices de productividad primaria mucho más altos o al menos si milares que los lagos tropicales de baja altitud (Cuadro 21).

El lago Ooty, se puede explicar por efecto de la contaminación por aguas residuales que elevan los nutrientes disueltos y el índice de productividad primaria (Sreenivasan, 1964); y en el caso de Araguadi, posiblemente sea por efecto de una calidad del fitoplanc-- ton mejor, ya que posee una zona eufótica de apenas 0.4 metros -- (Beadle, 1974) mientras que en "Cerrón Grande" es 4.0 metros (Figura 6; Cuadro 21) y un rango de clorofila de 221 a 325 mg./Mt<sup>3</sup>. -- (Beadle, 1974) mientras que en "Cerrón Grande" es 2.8 a 234.0 mg./Mt<sup>3</sup>. (Cuadro 13).

Además el fitoplancton del "Cerrón Grande" temporalmente es -- Diatomeas y Clorofitas (Cuadros 10 a 12), mientras que Ooty posee casi sólo Cianofitas, (Sreenivasan, 1964), las cuales son más productivas, propias de lagos eutróficos (Margalef, 1974), lo que demuestra aquí también una mejor calidad en composición fitoplanctónica que en el "Cerrón Grande", por lo que la productividad primaria será más alta en lago Ooty por causa de la contaminación.

Los embalses nuevos, tienden a estabilizarse con el tiempo, — disminuyendo la descomposición de materia orgánica (Odum, 1972) de la zona inundada; pero en el caso del embalse "Cerrón Grande" no — ocurre así, ya que el suministro constante de desechos domésticos y agroindustriales al embalse no disminuye (Ewert, 1978), lo que hará una perenne aportación de materia orgánica por descomponer, llegando pronto a una eutroficidad (Margalef, 1974) y a una etapa madura en la sucesión ecológica (López & González, 1978).

Esta comparación de los cuerpos de agua en sus etapas de sucesión ecológica por el índice de productividad primaria (López & González, 1978) ratifica la observación de Lewis (1978), en lo que respecta a que los estados de productividad primaria en el tiempo son indicadores de épocas serales.

Los parámetros que más afectan la productividad primaria en — los cuerpos de agua de clima templado y ártico, son la temperatura del agua y la luz solar, que en algunos casos se vuelven limitantes; para los cuerpos de agua tropicales es la disponibilidad de deter— minado nutriente en el agua, el factor limitante de la productivi— dad primaria.

Al comparar el rango de índices de productividad primaria to— tal integrada del embalse "Cerrón Grande" de 700 a 7900 mg. de carbono/ $Mt^2$ ./día (Cuadro 21) con los obtenidos en pequeños estanques — de piscicultura en Israel (Hepher, 1962) de 1656 a 2280 mg. de carbono / $Mt^2$ ./día, y de 6162 a 8490 mg. de carbono/ $Mt^2$ ./día, para es— tanque no fertilizados y fertilizados, respectivamente, se concluye

que la productividad primaria del embalse "Cerrón Grande" por ser similar a estanques fertilizados, permitirá una alta capacidad de sostenimiento para especies ícticas de hábitos alimenticios planc-tónicos.

El rango del índice de productividad primaria del embalse "Cerrón Grande" de 700 a 7900 mg. de carbono/Mt<sup>2</sup>./día (Cuadro 21), hace que le corresponda una clasificación de "Eutroficidad" según la escala de Linke (1975), la cual está favorecida por su perenne con-taminación orgánica a lo largo del año (Cuadro 22).

## CUADRO 22

CLASIFICACION DE LOS CUERPOS DE AGUA SEGUN SU GRADO DE TROFICIDAD  
DETERMINADO PRINCIPALMENTE POR INDICES DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

(Tomado de Linke, 1975)

TROPHIC STATUS	PRIMARY PRODUCTIVITY (Mg.C/M <sup>2</sup> /DAY)	CHLOROPHYLL-A (MG/M <sup>3</sup> )	DOMINANT PHYTOFLANKTON
Ultraoligotrophic	50	0.01 - 0.5	
Oligotrophic	50 - 300	0.3 - 3	Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Bacillariophy- ceae.
Oligomeso - Trophic			
Mesotrophic	250 - 1,000	2 - 15	
Meso- Eutrophic			
Eutrophic	600 - 8,000	10 - 500	Bacillariophy- ceae
Hyper- Eutrophic	—	—	Cyanophyta Chlorophyta Euglenophyta
Dystrophic (Humic)	50 - 500	0.1 - 10	

## 6. CONCLUSIONES

- 6.1. El rango de la temperatura del embalse "Cerrón Grande" se de terminó en 29°C. a 24°C. desde la superficie al fondo, con una ligera estratificación térmica que forma una termoclina aproximadamente entre 4 a 6 metros de profundidad, con una concentración de oxígeno disuelto en el epilimnio superior a 4.0 mg./Lt., lo que permite la vida acuática.
- 6.2. Tomando en cuenta que el rango de bicarbonatos más alto de 50.0 mg./Lt., la composición fitoplanctónica dominando Oscillatoria y Anacistis, la conductividad más alta de 200 micromhos/cm., el rango del índice total integrado de productividad primaria de 700 a 7,000 mg. de carbono  $mt^2$ ./día, el embalse "Cerrón Grande" se puede considerar como lago eu trófico.
- 6.3. El factor limitante del embalse "Cerrón Grande" es el nitró geno, ya que debido a la contaminación por el suministro de desechos orgánicos nitrogenados provenientes de las actividades agroindustriales en la cuenca del embalse, en los meses de Octubre a Diciembre, disminuyen la concentración de nitratos en favor de nitrógeno amoniacal, disminuyendo así el nitrógeno inorgánico utilizable en reacciones biológicas, disminuyendo tales reacciones en especial las de productivi dad primaria, alterándose la composición del fitoplacton —



del embalse, en este período crítico.

- 6.4. Los rangos de los índices Totales de Productividad Primaria para el Embalse "Cerrón Grande", 1979 - 1980, fueron desde - 700 a 7900 mg. de C/mt<sup>2</sup>/día y los índices netos fueron desde 0 a 6400 mg. de C/mt<sup>2</sup>/día, obteniéndose los mínimos índices en los meses de Octubre y Noviembre; y los máximos índices - en los meses de Febrero y Agosto; estando los índices netos en una relación aproximada del 50% con respecto a los índices totales.
- 6.5. Existen tres diferentes épocas limnológicas anuales en el - comportamiento del embalse "Cerrón Grande", las cuales son: una lluviosa, donde por el acumulo de nutrientes que le llegan al embalse de la escorrentía de la cuenca, posee el embalse una alta productividad primaria; a continuación viene una época sin lluvia y con vientos superficiales que provocan inversiones térmicas constantes en las aguas del embalse, donde además por la actividad agroindustrial de la cuenca se acumulan en el embalse desechos nitrogenados que aumentan su condición orgánica; ésto hace que se altere en este período la condición biológica, especial del fitoplancton del embalse, produciéndose los mínimos índices de productividad primaria; al final de la época seca, al cesar la perturbación agroindustrial de la cuenca, se empieza a recuperar la condición limnológica del primer período, elevándose de nuevo la

productividad primaria.

- 6.6. Según las relaciones Productividad/Respiración que tienden a 1.0 en el embalse "Cerrón Grande" y la relación Productividad/Biomasa alta, hacen al ecosistema acuático del embalse - que se considere una sucesión ecológica en etapas de desarrollo, con maduraciones temporales debido a la contaminación orgánica, sobre todo en la zona de "San Cristóbal".
- 6.7. La zona con productividad primaria más alta del embalse "Cerrón Grande" es la de "San Cristóbal" y la más pobre y más contaminada es la de "Colima"; aunque existe en la zona del dique una gran perturbación por el acumulo de planta acuática flotante, Eichornia crassipes, la cual poco a poco contribuirá más con la eutroficación y sedimentación progresiva, sobre todo en esta zona.
- 6.8. Al comparar los índices de productividad primaria del embalse "Cerrón Grande" con los de un estanque piscícola fertilizado, se puede decir que este embalse tiene una alta capacidad de sostenimiento para muchas poblaciones ficticias sobre todo de régimen alimenticio planctónico y en segundo término para las poblaciones ficticias bentónicas por la abundante materia orgánica en el bentos del embalse.

6.9. Además de la contaminación orgánica por desechos agroindustriales en el principio de la época seca, existe otra contaminación orgánica en el embalse "Cerrón Grande", de tipo doméstico, la cual ocurre durante todo el año y consiste en arrojar las aguas negras de las ciudades de San Salvador y - Santa Ana, las dos más grandes del país, por los ríos Acelhuate y Suquiapa, respectivamente, los cuales son ríos tributarios del Lempa y desembocan justo unos kilómetros arriba - de "Colima", lo que eutrofica más el embalse.

## 7. RECOMENDACIONES

- 7.1. Realizar más estudios limnológicos en el embalse "Cerrón Grande" y en otros cuerpos de agua de El Salvador, en mayor número de estaciones de muestreo y por un tiempo más largo, dándole así continuidad a las investigaciones; haciendo énfasis en la determinación de la productividad primaria anual de los cuerpos de agua con una buena exactitud.
- 7.2. Controlar los factores que provocan la contaminación orgánica de los tributarios del embalse "Cerrón Grande", para así depurar el ambiente de este ecosistema acuático para su mejor utilización.
- 7.3. Fomentar actividades de tipo pesquero, como repoblaciones de especies ficticias fitoplanctónicas o introducción de sistemas eficaces de pesca, sobre todo en la época lluviosa y final de la seca, aprovechando la alta capacidad de sostenimiento natural que le da su alta productividad primaria.
- 7.4. Fomentar la técnica de cultivos intensivos de peces en estructuras flotantes superficiales con especies ficticias fitoplanctónicas, sobre todo en la época lluviosa y final de la seca aprovechando la alta capacidad de sostenimiento natural que le da su alta productividad primaria.

- 7.5. La utilización del embalse "Cerrón Grande" en sus diferentes zonas debe ser: en "Colima" y en el dique restauración ecológica y depuración de la calidad del agua; en "San Cristóbal", se deben realizar con intensidad, tanto labores de pesca, repoblaciones de peces planctónicos y de piscicultura en jaulas flotantes superficiales; en "Suchitoto", las mismas actividades que en "San Cristóbal", aunque su productividad primaria sea menor, lo que hará que se deba alimentar suplementariamente más a los peces; además "Suchitoto", por su poca contaminación, debe ser zona de turismo.
- 7.6. El embalse "Cerrón Grande", por ser un lago artificial de casi 40 kilómetros de longitud que abarca a todo lo ancho de la zona Central del país, de Occidente a Oriente, podría ser una vía fluvial para los moradores de la zona Norte-Central del país al norte y al sur del embalse.

## 8. RESUMEN

Se ha realizado una investigación limnológica preliminar en tres estaciones de muestreo en el embalse artificial "Cerrón Grande" desde Julio, 1979 a Febrero, 1980.

Se determinó el perfil de temperatura y oxígeno contra profundidad, obteniéndose un rango en el tiempo de 29<sup>a</sup> a 24<sup>a</sup> C. y 10.0 a 0.0 mg./Lt., respectivamente y una variación termoclina de 5 a 10 metros de profundidad.

Se determinaron los parámetros físico-químicos en una columna vertical desde la superficie a 8 metros, cuyos rangos promedio de variación de la columna en el tiempo fueron: para SH<sub>2</sub>, 0.0 a 2.5 mg./Lt. para CO<sub>2</sub>, 8 a 48 mg./Lt., para bicarbonatos, 57.5 a 132.5 mg./Lt., para pH, 9.18 a 6.39, para nitratos, 3.35 a 0.02 mg./Lt., para nitritos, 0.41 a 0.001 mg./Lt., para NH<sub>3</sub>, 0.00 a 2.14 mg./Lt. y para conductividad, 163 a 1350 micromhos/cm.

Para los factores biológicos se obtuvieron rangos de clorofila A de 2.8 a 234.0 mg./m<sup>3</sup>., con dominancia de Oscillatoria, Melocira, Pediastrum, Nostoc y Anacistis, en el fitoplacton desde la superficie a 10 metros de profundidad; con dominancia de copépodos en el zooplancton y sustratos limosos y Quironómidos dominando en el bentos.

Se obtuvo un rango de valores Secchi de 23 a 290 cm. y de productividad primaria integrada total y neta, determinada por el método de las botellas clara-oscuro, los rangos fueron de 700 a 7900 y

0 a 6400 mg. de carbono/Mt<sup>2</sup>/día, respectivamente.

El nivel de compensación fotosíntesis-respiración para el embalse "Cerrón Grande" se determinó en un rango de profundidades de 0.00 a 5.10 metros.

Se determinó que el factor limitante del embalse "Cerrón Grande" es el nitrógeno, ya que su variación por el suministro de contaminantes orgánicos nitrogenados por los ríos tributarios del embalse, alteran toda la dinámica de productividad primaria del mismo.

Todas estas condiciones permiten clasificar al embalse artificial "Cerrón Grande", como un cuerpo de agua continental de tipo eutrófico en un período sucesional, no estabilizado.

## 9. A B S T R A C T

Its realized a preliminary limnological research in three sampling stations on "Cerrón Grande" manmade reservoir from July, 1979 to February, 1980.

Its determinated the temperature and oxygen profile against — deep, obtaining a range in the time of 29<sup>a</sup> to 24<sup>a</sup> C. and 10.0 to 0.0 mg./Lt., respectively, and a termocline variation of 5 to 10 meters deep.

Its determinated the physical-chemical parameters in a vertical column from surface to 8 meters deep, with average ranges of variation on time: for SH<sub>2</sub>, 0.0 to 2.5 mg./Lt. for CO<sub>2</sub>, 8 to 48 mg./Lt., for bicarbonates, 57.5 to 132.5 mg./Lt., for pH, 9.18 to 6.39, for nitrates, 3.35 to 0.02 mg./Lt., for nitrites, 0.41 to 0.001 mg./Lt., for NH<sub>3</sub>, 0.00 to 214 mg./Lt. and for conductivity, 163 to 1350 micromhos/cm.

For biological factors its obtained chlorophyll a ranges of — 2.8 to 234.0 mg./mt<sup>3</sup>, with phytoplankton dominance, from surface to 10 meters deep, of Oscillatoria, Melocira, Pediastrum, Nostoc — and Anacistis; with zooplankton dominance of Copepods and lime sustrates and Quirominids on benthos.

Its obtained a Secchi values range of 23 to 290 cm. and integrated gross and net primary productivity, determinated by Light—Dark bottle method, the ranges were 700 to 7900 and 0 to 6400 carbon mg/Mt<sup>2</sup>/day, respectively.



Photosynthesis-respiration compensation level was determined for "Cerrón Grande" reservoir in a deep range of 0.00 to 5.10 meters.

Its determined that limitant factor of "Cerrón Grande" reservoir is nitrogen, because its variation for organic pollutant supply by tributary rivers of reservoir, changing all primary productivity dynamics itself.

All this conditions permit classify "Cerrón Grande" manmade reservoir, like a inland body of water of eutrophic type in a not stabilized successional period.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Beadle, L. C. 1974. The Inland Waters of Tropical Africa an Introduction of Tropical Limnology. Lungmans, Nueva York. (88-105) p.
- Bastin, R. 1970. Tratado de Fisiología Vegetal. Continental, México. (51)p.
- Beeton, A. M. 1957. Relationships between Secchi Disk Readings — and Light Penetration in Lake Huron. Trans. Amer. Fish. Soc., 87(73-79)p.
- Boyd, C. E. 1971. The Limnological Role of Aquatic Macrophytes — and their Relationships to Reservoir Managements. Reservoir Fisheries and Limnology, Gordon Hall, special publication, Amer. Fish. Soc. 8(153-166)p.
- Castro, R. A. & J. P. Robinson, 1976. Estudio Preliminar Biológico Pesquero del Río Lempa. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador. 3: 8(30; 51-90)p.
- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa. 1974. Informe Anual. San Salvador. (15-21)p.
- 
- \_\_\_\_\_ . 1979. Gráfica — del Nivel de Agua del Embalse Cerrón Grande, Período de Utilización de Tierras Fluctuantes. San Salvador.

- De Jorda, N. M. F. 1977. Pigments and Primary Production in the - Middle Paraná River: "Los Matadores" Pond, Santa Fé, Argentina.
- Physis Sección B, Aguas Continentales Org., Instituto Nacional de Limnología, Santa Fé, Argentina. 36: 92 (89-113).
- Dassman, R. F., J. P. Milton, & F. H. Freeman. 1974. Ecological - Principles for Development.
- Wiley & Sons, Londres. (252) p.
- Dugdale, R. C. & J. T. Wallace. 1960. Light and Dark Bottle Experiments in Alaska. Limnol. and Oceanogr., U.S.A. 5 (230-231) p.
- Ewert, M. E. 1978. Human Impact on the Aquatic Ecosystem of the - Rio Lempa, El Salvador. Graduate Program in Environmental - Studies. York University, Downsview, Ontario, Canadá. (70; 97-107; 120-145) p.
- Fee, E. J. 1969. A Numerical Model for the Estimation of Photosynthetic Production, Integrated Over Time and Depth in Natural Waters. Limnol. and Oceanogr., U.S.A. 14 (906-911).
- Fraga, F. 1979a. La Profundidad de Visión del Disco Secchi y su - Relación con las Concentraciones de Fitoplancton y Arcilla, Investigaciones Pesqueras, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona. 43: 2 (519-528).

- Fraga, F. 1979b. Descenso de la Productividad en la Ría de Vigo - a Causa de la Atenuación de la Luz por la Arcilla en Suspensión. Investigaciones Pesqueras, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona. 43: 2 (529-532).
- Funk, W. H., A. R. Gaufin, 1971. Phytoplankton Productivity in -- Wyoming Cooling Water Reservoir. Reservoir Fisheries and -- Limnology, Gordon Hall, special publication, Amer. Fish. -- Soc. 8 (167-178).
- García, C. & J. F. Robinson. 1975. Estudio Biológico Pesquero del Río Sucio. Dirección General de Recursos Naturales Renova-- bles, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador. 2: 7 (1-54).
- \_\_\_\_\_, R. Salgado & R. Farkman. 1973. Inventario y Evaluación - Preliminar de la Flora y Fauna Acuática de la Zona Costera - del Río Lempa. Dirección General de Recursos Naturales Reno-- vables, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador. (1-18) p.
- Gierloff-Emden, H. G. 1976. La Costa de El Salvador. Monografía Morfológica Oceánica. Dirección de Publicaciones, Ministe-- rio de Educación, San Salvador. (285) p.
- Goldman, C. 1960. Primary Productivity and Limiting Factors in -- Three Lakes of the Alaska Peninsula. Ecol. and Monograph. 30: 2 (209-230) p.

- Hepher, B. 1962. Primary Production in Fishponds and its Application to Fertilization Experiments. *Limnol. and Oceanogr.*, 7: 2 (131-136) p.
- Hernández, R. & A. De Georges. 1975a. Contribución al Conocimiento Limnológico del Lago de Gñija. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador. (42) p.
- 
- \_\_\_\_\_ . 1975b. Reconocimiento Limnológico del Embalse "5 de Noviembre". Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador. 2: 11 (1-28)p.
- Holmgren, S. L., L. Hanberg & C. Anell. 1971. Kompendium för Undersvisningen Limnologi, Fitoplankton. Limnologiska Institutionem, Uppsala, Alemania. (150) p.
- Instituto Geográfico Nacional "Ingeniero Pablo Arnoldo Guzmán". 1974. Mapa del Departamento de Chalatenango, El Salvador, - 1: 100000. San Salvador.
- Lewis, W. M. 1978. Analysis of Succession in a Tropical Phytoplankton Community and a New Measure of Succession Rate. *The American Naturalist*, 112: 984 (401-403) p.
- Linke, G. E. 1975. Primary Productivity of Biosphere Helmut Lieth & Robert Witlacker, Sprenger - Verlag, Nueva York. *Ecological Studies*: 14 (185-199) p.

- López, J. E. 1978. Contribución al Estudio del Impacto Ambiental en Represas. Serie de Informes Técnicos, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Caracas. DCSPCA IT 15 (79) p.
- López, F. A., F. Godínez & A. De Georges. 1975. Contribución al Conocimiento Limnológico Comparativo del Lago de Güija en la Época Lluviosa de 1973 y Época Seca de 1974. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador. 2: 9 (1-92) p.
- López, E. & J. C. González. 1978. Aspectos Funcionales de una Sucesión Ecológica y su Papel en la Recuperación de los Ecosistemas. Departamento de Biología, Universidad de El Salvador, Boletín 13 (1-24) p.
- Margalef, R. 1972. Ecología Marina. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Dossat, Caracas. (496; 519-524) p.
- \_\_\_\_\_. 1974. Biología de los Embalses. Scientific American, (50-62) p.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1980. Almanaque Salvadoreño. Servicio Meteorológico, Dirección de Recursos Naturales Renovables. San Salvador. (96) p.
- Odum, E. P. 1972. Ecología. 3 ed., Interamericana, México. (640) p.

- Osorio, A. 1973. El Proyecto del "Cerrón Grande" y su Ejecución. III Congreso Nacional de Ingeniería, San Salvador. (1-5) p.
- Pérez del Viso, R. & V. Mantovani. 1967. Estimación de la Productividad Primaria a Nivel del Fitoplancton en Aguas Dulces, a partir de los datos de Iluminación y los Resultados de Incubación en Laboratorio. Comunicaciones, Instituto Nacional de Limnología, Santa Fé, Argentina. 29 (59-70) p.
- Presscott, C. W. 1970. How to know the Freshwater Algae. Picture Key, Natural Series, Brown Co., U.S.A. (316) p.
- Organización de las Naciones Unidas. 1971. Manmade Lakes Modified Ecosystem. International Council of Scientific Unions, — Scientific Committee on Problems of the Environment, Scope Report 2 (116) p.
- Rubio, R. 1980. Comunicación Personal sobre su Experiencia en Limnología. Dirección General de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador.
- Russell-Hunter, W. D. 1973. Productividad Acuática. Introducción a algunos aspectos básicos de la Oceanografía Biológica y de la Limnología. Acribia, Zaragoza, España. (318) p.
- Ruttner, F. 1964. Fundamentals of Limnology. Toronto Press. University.

- Salgado, R. & R. Parkman. 1974. Traducción del Inglés de "Interrelaciones de PH, CO<sub>2</sub>, Buffers, Oxígeno disuelto en Aguas Naturales". (Autor original desconocido). Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador. (4) p.
- Smith, R. 1966. Ecology and Field Biology. Habor & Row Publication, Nueva York. (325) p.
- Sreenivasan, A. 1964. Limnological Studies and Fish Yield in three Upland lakes of Madras State, India. Limnol. and Oceanogr. -- 9: 4 (564-575) p.
- Stoker, D. G., N. Agsteribbe, N. Windsor & W. Andrews. 1972. A Guide to the Study of Freshwater Ecology. Prentiss, Hall, Ontario, Canadá. (234) p.
- Strickland, J. D. H. & T. R. Parsons. 1972. A Practical of Seawater Annalysis. Fisheries Research Board of Canadá, Ottawa. Bull. 167, 2nd. ed. (261-266) p.
- Taylor, N. P. 1971. Phytoplankton Productivity Response to Nutrients Correlates with Certain Environmental Factors in Six TennesseeValley Authority (T.V.A.) Reservoirs. Reservoir Fisheries and Limnology, Gordon Hall, Special publication, Amer. Fish. Soc., 8 (209-217) p.
- Vollenweider, R. A., J. P. Talling & D. F. Westlake. 1974. A Manual of Methods for Measuring Primary Production in aquatics



Welch, P.S. 1948. Limnological Methods. Mc Graw-Hill, Nueva York.  
(270) p.

\_\_\_\_\_. 1963. Limnology. Mc. Graw-Hill, Nueva York. (350) p.

## 11. G L O S A R I O L I M N O L O G I C O

- Agua continental : Todos los cuerpos de agua, de baja salinidad, que están situados, aislados parcial o totalmente del océano, en el interior de las masas continentales y pueden ser lagos, embalses, estanques y ríos.
- Alcalinidad : Condición que posee una solución química o una mezcla de tener un pH elevado (mayor que 7.0) y grandes cantidades de carbonatos y bicarbonatos.
- Autótrofo : Organismo capaz de sintetizar sus propios alimentos de tipo orgánico, a partir de nutrientes inorgánicos en el proceso denominado fotosíntesis o quimiosíntesis.
- Biomasa : Dícese de la cantidad en peso o masa sólida de los organismos de una misma especie, o de un grupo en un mismo hábitat.
- Carbono : Elemento químico que posee un número atómico igual a 6, con un peso atómico de 12 y es la base de la química orgánica y de las sustancias de los seres vivos.

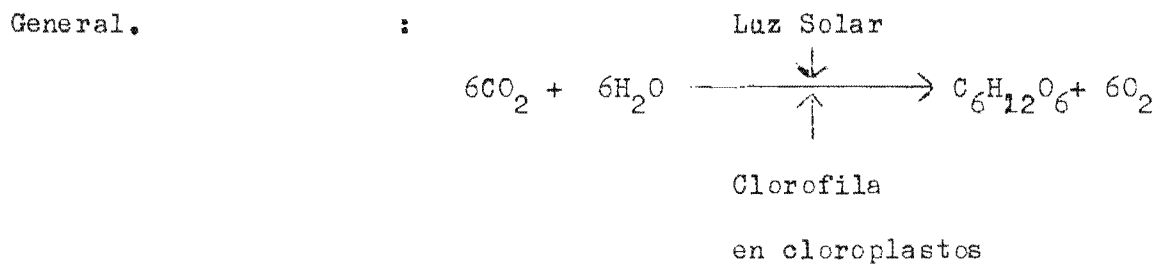
- Clímax : Estado de madurez a que llegan todos los ecosistemas, cuando llegan a saturar su capacidad de sostenimiento y el flujo energético está en su máxima expresión.
- Ciclo Acuático del Carbono : Dicese del conjunto de procesos químicos y formaciones de compuestos en que se presenta en combinación el átomo del carbono en el medio acuático, los cuales pueden ser carbonatos, bicarbonatos,  $\text{CO}_2$ , carbohidratos y otros.
- Cadena Alimenticia : Conjunto de eslabones bióticos del ecosistema donde circula la energía química en acciones sucesivas de alimentación.
- Conductividad : Propiedad de un cuerpo de permitir el paso más o menos fácilmente de una corriente eléctrica; en el agua se debe a la cantidad del iones en disolución.
- Clorofila : Pigmento químico de tipo orgánico el cual capta la luz a utilizarse en la fotosíntesis y se encuentra en los cloroplastos celulares, existiendo varios tipos del cual el más conocido es la clorofila A.

- Consumidores : Son los factores bióticos del ecosistema que captan la energía en acciones de — deprecación de otros factores bióticos.
- Cuerpo de Agua : Dicese de un volúmen de agua en la natura — leza que mantiene su individualidad rela — tiva del resto de hábitat terrestre o a — cuático.
- Descomponedores : Dicese de los factores bióticos que cap — tan la energía de la materia orgánica acu — mulada en el ecosistema, transformándola en nutrientes inorgánicos en disolución, siendo los más importantes del tipo de — hongos y bacterias.
- Distróficos : Dicese en Limnología, de los cuerpos de a — gua de condición húmica, los cuales son — por épocas productivos y por épocas poco productivos.
- Ecosistema : Conjunto de interrelaciones dentro de un mismo hábitat, entre los componentes vi — vos o bióticos y los no vivos o abióticos, entre los cuales circula un flujo de ener — gía química proveniente de energía lumini — ca solar.

- Embalse : Reservorio de agua detenida por un dique o represa en el curso de un río, inundándose el valle dique arriba, formándose así un lago hecho por el hombre.
- Energía hidroeléctrica : Es aquella generada de un salto de agua en el dique de un embalse.
- Epilimnio : Dícese de la zona más caliente de las aguas de un lago, que corresponden a las aguas superficiales iluminadas, revueltas por el viento y corrientes y pertenece a la zonación vertical del lago.
- Estanque : Dícese de un pequeño cuerpo de agua artificial llevado por un manantial o por un canal de derivación de un río o por aguas lluvias.
- Eufótica, zona : Es la zona bien iluminada de los lagos, la cual se considera que llega hasta la profundidad donde la luz solar de la superficie es únicamente el 1%.
- Fotosíntesis : Proceso químico realizado por los organismos autótrofos de tipo vegetal, que consiste en transformar la energía lumí-

nica solar, mediante la reacción de compuestos inorgánicos simples para obtener compuestos orgánicos más complejos donde se almacena la energía química.

Fotosíntesis, Reacción



Factores bióticos : Son los organismos vivos del ecosistema, que pueden ser productores, consumidores o descomponedores.

Factores abióticos : Son los elementos no vivos del ecosistema, que pueden ser de tipo edáfico o de suelo, hídrico o de agua y meteorológico o de clima.

Fitoplancton : Son los productores autótrofos del ecosistema acuático de las capas superficiales - del agua, microscópicos, flotantes y generalmente de tipo algal.

Fósforo : Elemento de tipo no metal de número atómico 15.

Fósforo, ciclo acuático

de : Dícese del conjunto de procesos químicos y formas orgánicas o inorgánicas en que se encuentra combinado el átomo de fósforo, entre los cuales están los fosfatos inorgánicos en solución o sedimentables en la roca o en el suelo o formando parte de moléculas inorgánicas de alta energía en los seres vivos o en otros compuestos orgánicos más complejos de los seres vivos también.

Inversión Térmica : Proceso de cambio momentáneo de la estratificación térmica de un lago por uniformación térmica en todas las profundidades, debido a mezcla de agua por enfriamiento del epilimnic, haciéndose más denso que las capas más profundas provocándose corrientes de mezcla de arriba para abajo y de abajo hacia arriba.

Eutróficos : Dícese de lagos continentales de alta eutroficidad.

Eutroficación : Proceso por medio del cual un lago se vuelve eutrófico.

- Glucosa : Carbohidrato de seis carbonos, tipo hexosa, producto orgánico de fotosíntesis y base alimenticia de los ecosistemas, cuya fórmula empírica es  $C_6H_{12}O_6$ .
- Habitat : Espacio geográfico específico donde se ubica un determinado ecosistema, u organismo biológico.
- Hipolimnio : Zona más profunda de un lago, donde no hay luz solar ni muchos organismos vivos y la temperatura del agua es la más baja de todo el cuerpo de agua y pertenece a la zonación vertical del lago.
- Léntico : Dícese de los cuerpos de agua continental de aguas tranquilas como lagos, embalses o estanques.
- Lótico : Dícese de cuerpos de agua continental de aguas corridas como los ríos.
- Limnología : Es la parte de la Ecología que estudia las aguas continentales.
- Limnética, zona : Es la parte de los lagos, horizontalmente hablando, donde hay los mayores espa-



cios abiertos, sufre fuertemente la acción de vientos y corrientes, de gran profundidad y donde domina el fitoplancton como productor primario principal.

- Litoral, zona : Es la parte de los lagos, horizontalmente hablando, donde hay espacios cerrados, cercana a la orilla, de poca profundidad, protegida de vientos y corrientes y los productores primarios son fitoplancton y macrófitas acuáticas.
- Macrófitas Acuáticas : Plantas superiores que se desarrollan en íntima relación con el agua, siendo de varios tipos: flotantes, semi-sumergidas, sumergidas o emergentes.
- Nivel Trófico : Son los diferentes niveles en que se encuentra la energía en los ecosistemas, los cuales pueden ser productores, consumidores, materia orgánica, descomponedores y nutrientes inorgánicos.
- Nicho : Rol o papel que desempeña un factor biótico dentro del ecosistema, pudiendo ser: productor, consumidor o descomponedor.

- Nivel de Compensación : Profundidad en un lago hasta donde los procesos de fotosíntesis son igual a — los de respiración.
- Nitrógeno : Elemento de tipo no metal de número atómico 7, constituyente principal de proteínas y otros compuestos de los seres vivos.
- Nitrógeno, ciclo acuático de : Conjunto de procesos y formas orgánicas e inorgánicas en que se encuentra el nitrógeno en los ecosistemas acuáticos, — entre cuyas formas pueden ser: nitratos ( $\text{NO}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2$ ), nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), compuestos orgánicos de desecho, proteínas y otros.
- Oligotrófico : Cuerpos de agua de baja trofieidad.
- Producción : Cantidad de materia acumulada en un proceso de formación.
- Productividad : Es la capacidad o potencialidad de producir algo y se mide por la cantidad de materia producida en la unidad de espacio y de tiempo.

- Productividad Primaria : Velocidad a la cual la energía del ambiente es transformada en energía química en forma de compuestos orgánicos.  
(Stoker et al., 1972).
- Productividad Primaria : Valor neto de fijación de carbono por fitoplancton, bacteria, o cualquier organismo autótrofo en el proceso de fotosíntesis (Goldman, 1960).
- Productores : Nicho ecológico de los factores bióticos que realizan fotosíntesis (sinónimo de autótrofos).
- Respiración : Proceso realizado en casi todos los organismos vivos para obtención de energía a partir de compuestos orgánicos, realizada en las mitocondrias celulares y es la reacción general inversa de fotosíntesis.
- Sucesión : Desarrollo en el tiempo de un ecosistema hasta llegar al clímax o capacidad máxima de sostenimiento.
- Termoclina : Es la capa de agua en la zonación vertical, intermedia entre el epilimnio e hi-

polimnio, teniendo temperatura intermedia a ambos; se le llama también mesolimnio o metalimnio.

Troficidad : Es la cantidad de energía química acumulada en determinado nivel trófico, la cual puede medirse como cantidad de organismos, acamulo de cierta sustancia o de saparecimiento de otra en algún proceso químico del nivel trófico.

Trofogénico : Zona superior al nivel de compensación donde los procesos de fotosíntesis son más abundantes que los de respiración.

Trofolítico : Zona inferior al nivel de compensación donde los procesos de respiración son más abundantes que los de fotosíntesis.

Zonación Horizontal : Es la forma que limnológicamente se dividen los lagos en su área, en parte limnética y litoral.

Zonación Vertical : Es la forma que limnológicamente se dividen los lagos en su profundidad: en epilimnio, termoclina e hipolimnio; o también en trofogenica y trofolítica.