

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ciencias

Estudio de la Productividad Primaria Marina en base
a los Productos Extracelulares en aguas adyacentes
a la Isla Isabel, Nayarit

TESIS

que para optar al Título de Biólogo

presenta

Omar Calvario Martínez

México, D.F. 1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
ANTECEDENTES.....	7
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	13
METODOLOGIA.....	17
Productividad Primaria.....	17
Parámetros Hidrológicos.....	22
RESULTADOS Y DISCUSION.....	24
Análisis de la Productividad por el método de C14.....	24
Productividad y Excreción.....	29
Relación entre la Productividad y la Productividad Global.....	30
Variaciones mensuales de la Productividad y Excreción.....	31
Análisis de la Productividad por el Método de Oxígeno.....	33
Comparación entre los métodos del C14 y del Oxígeno.....	35
Hidrología y Comportamiento de la Productividad y Excreción.....	37
Regresión Múltiple para la Productividad y Excreción.....	50
CONCLUSIONES.....	53
LITERATURA CITADA.....	55

RESUMEN

Diversos autores han señalado la importancia que tiene el obtener evaluaciones tanto cuantitativa como cualitativamente de los productos de excreción, formados durante la fotosíntesis y liberados en forma de moléculas solubles dentro del ambiente acuático, y que son subestimados en la productividad primaria. Sin embargo, la gran mayoría de estas evaluaciones han sido realizadas en medios dulceacuícolas donde la excreción excede algunas veces el 50% del carbono asimilado.

La presente contribución evalúa la productividad primaria, parámetros hidrológicos y productos extracelulares, así como la magnitud de este último, en un ambiente cercano a la Isla Isabel (Pacífico Mexicano). La metodología seguida fué de acuerdo a la producción de O₂ en botellas clara y oscura para la productividad primaria-respiración; y a través de la asimilación de carbono radioactivo para la productividad neta y los productos de excreción. Asimismo fueron evaluados oxígeno, temperatura, salinidad, alcalinidad, amonio, nitritos, nitratos, fósforo disuelto, ortofosfatos y fósforo total.

Se obtuvieron valores de productividad por C₁₄ en un intervalo entre 0.048 a 7.60 mgC/m³/hr, los que concuerdan con los obtenidos por otros autores; la productividad promedio por unidad de

superficie (44.01 $\mu\text{C}/\text{m}^2/\text{año}$), se encontró por debajo de la reportada para esta zona. Por otro lado, el porcentaje de excreción varió ampliamente (desde 0.0 a 99.77 %), con un valor promedio de 29.37 %. Tomando en cuenta dicho promedio, se observa que la excreción representa una parte importante de la productividad Global.

Al realizarse la comparación de los datos de productividad obtenidos por el método de C14 con los de oxígeno, no se encontró semejanza entre ellos, debido a la amplia variación de los valores, en el método de oxígeno.

Se discute la influencia de los parámetros hidrológicos obtenidos sobre la productividad por C14, oxígeno y excreción, encontrándose las relaciones más altas entre la productividad por C14 y fósforo total ($r=-0.59507$), productividad por oxígeno y alcalinidad total ($r=0.75272$), y entre la excreción y la temperatura ($r=-0.49292$).

Se desarrolló un modelo predictivo para la productividad y los parámetros hidrológicos considerados, así como para la excreción; mostrando coeficientes de correlación múltiple altamente significativos (0.6820 y 0.669 respectivamente).

INTRODUCCION

El fitoplancton marino sustenta grandes poblaciones ya que es iniciador de las cadenas alimenticias elaborando, a través de la fotosíntesis, materiales orgánicos que son dispuestos a los consumidores primarios.

La producción real de materia orgánica se realiza, casi exclusivamente, durante la fotosíntesis (Steemann Nielsen, 1963). En este proceso las plantas utilizan la energía solar para convertir el bióxido de carbono más el agua, en carbohidratos y oxígeno como subproducto (Ryther, 1973).

Cualquier pérdida de materia orgánica recientemente formada, repercutirá en la transferencia de energía de un nivel trófico a otro. Existen evidencias en cuanto a la liberación de productos extracelulares del fitoplancton, los cuales pueden constituir una fracción considerable de la materia orgánica sintetizada (Fogg, 1966 vide: Samuel et al., 1971). Es particularmente importante conocer la magnitud de este proceso ya que, en la técnica de determinación de productividad propuesta por Steemann Nielsen (1952), se estima que el carbono asimilado en la fotosíntesis es retenido en las células; por lo tanto la verdadera tasa de fijación de carbono es subestimada, dado que existen sustancias orgánicas marcadas que escapan de las células (Fogg et al., 1965; Watt, 1966) y no son retenidas por el

filtro.

Las sustancias excretadas (Productos extracelulares), son definidas como sustancias orgánicas que son liberadas al medio acuático a partir de células vivas e íntegras; sin embargo esta no es la única fuente de materia orgánica encontrada en aguas naturales, pues también puede provenir de la defecación por organismos acuáticos o por la muerte de las células del fitoplancton (Watt, *op.cit.*).

Es probable que estos productos extracelulares sean asimilados por bacterias y otros microorganismos, asimismo, pueden ser reasimilados nuevamente por las algas (Fogg *et al.*, *op.cit.*).

Existen numerosos trabajos en los cuales se cita el fenómeno de excreción con una amplia variedad de estimaciones (Fogg *op.cit.*; Hellebust, 1967; Anderson y Zeutschel, 1970; Samuel, *op.cit.*; Sharr, 1977, etc.). Antia *et al.* (1963) mencionan que la cantidad de productos extracelulares puede alcanzar valores hasta del 40 % del carbono asimilado; por otro lado Fogg, Nalewajko y Watt (1965), encuentran que la magnitud de productos extracelulares es del 7 % en muestras del mar del Norte. Se ha señalado que algunas de estas cifras pueden estar sobreestimadas debido a daños causados a las células durante la filtración (Arthur y Risler, 1967); por otro lado, Hellebust (1965) menciona que valores altos de excreción pueden darse bajo situaciones de "stress" como la influencia de altas intensidades luminosas y ambientes oligotróficos.

Ciertos compuestos liberados por las algas han sido identi-

ficados, uno de los más comúnmente encontrados es el ácido glicólico el cual resulta del proceso de fotorespiración (Berman y Holm-Hansen, 1974). Foss et al. (1965), han sugerido que el glicolato disuelto en el agua puede ser principalmente producto derivado de poblaciones de fitoplancton. Otros autores han señalado la presencia de carbohidratos (Guillard y Wangersky, 1958), aminoácidos y proteínas (Hellebust, 1965), etc.

Sin embargo, la magnitud de liberación de materia orgánica disuelta por el fitoplancton en el océano es desconocida. Watt (op.cit.) sugiere que es necesaria mayor información relativa a la naturaleza química y los factores fisiológicos y ambientales que influyen en la liberación de productos extracelulares. Hartman (1959) y Foss (1963) vide: Hellebust (1965), han manifestado la importancia del conocimiento cuali y cuantitativo de los productos excretados por las algas, debido a que puede representar una parte importante en la transferencia de energía dentro del ecosistema marino; por lo que su evaluación es significativa para la interpretación de los datos de productividad primaria.

En México se han efectuado evaluaciones de la productividad primaria en diversos ambientes, de los más recientes se tienen los trabajos de Holmes et al. (1957), quienes realizaron algunas investigaciones para la zona tropical del Océano Pacífico Oriental; Bennett y Schaefer (1960), efectuaron sus trabajos sobre oceanografía física, química y biológica en la vecindad de las Islas Revillagigedo; Zeitzschel (1969), hizo estimaciones de la productividad primaria en el Golfo de California; Owen y Zeitzschel (1970), se

ocuparon de aspectos de productividad primaria y cambios estacionales del fitoplancton en el Pacífico Oriental Tropical; Gómez-Aguirre (1972), estudió la distribución de la densidad del fitoplancton en las costas del Pacífico Mexicano; Fernández et al., (1979) presentan una serie de modificaciones a la técnica de productividad por C14 para aguas de alta turbidez y Otero (1981) evaluó la productividad en las costas de Jalisco. Sin embargo, a pesar de la importancia de los productos de excreción en la Productividad Global, han sido escasas las aportaciones sobre este tema en nuestro país.

Dado lo anterior, la presente contribución tiene como objetivos:

- 1) La evaluación y comparación de la productividad primaria obtenida por los métodos de C14 y de oxígeno.
- 2) La determinación cuantitativa de la materia orgánica excretada por el fitoplancton marino, utilizando la técnica de C14.
- 3) La variación de la productividad primaria y productos de excreción según las características hidrológicas del medio.
- 4) La variación de la productividad primaria y productos de excreción en función del tiempo.

Todo ello realizado en un ambiente marino el cual no ha sufrido ninguna perturbación, como lo son las aguas inmediatas a la Isla Isabel, en el estado de Nayarit.

ANTECEDENTES

Existe una gran variedad de literatura referente tanto a la producción primaria como al proceso de excreción de materiales orgánicos por el fitoplancton. En cuanto a este último, las primeras mediciones realizadas para poblaciones naturales de fitoplancton, fueron obtenidas in situ por Foss (1958) fide: Watt (1966), usando una modificación a la técnica de C14 propuesta por Steemann Nielsen(op.cit.).

Posteriormente, la mayoría de los trabajos referentes a la excreción se realizaron con poblaciones de fitoplancton de ambientes dulceacuícolas. Sin embargo, no existe evidencia que sugiera que las algas marinas y dulceacuícolas difieran substancialmente en cuanto al proceso de excreción (Sharp, 1977).

La liberación de productos orgánicos a partir de células del fitoplancton, es un proceso que puede ser una fuente de error importante cuando se calcula la producción total por medio del método de C14 (Foss, Nalewajko y Watt, 1965 fide: Foss, 1974). La cantidad relativa excretada, parece incrementarse en aguas oligotróficas y puede llegar hasta el 90 % cuando la fotosíntesis es inhibida por altas intensidades luminosas (Watt, 1965 fide: Foss, 1974).

A continuación se señalarán algunos de los trabajos que se han realizado en cuanto a este proceso:

1) Guillar y Wangersky (1958), han estudiado la producción de carbohidratos extracelulares por ciertas flageladas marinas, y señalan que éstas contribuyen significativamente con carbohidratos solubles sólo durante condiciones de florecimiento y bajo circunstancias fisiológicas parecidas a la fase estacionaria o de declinación del cultivo.

2) Los experimentos realizados por Antia et al. (1963), muestran que el fitoplancton llega a excretar del 35 al 40 % del carbono asimilado durante el crecimiento celular.

3) Foss, Nalewajko y Watt (1965), encontraron que las células del fitoplancton excretan del 7 al 50 % del carbono asimilado en la zona fótica. Esta producción fue obtenida bajo una gran variedad de condiciones y con diferentes comunidades fitoplanctónicas. Mencionan, además, que estas substancias son probablemente excretadas por las células intactas durante el proceso de fotosíntesis, más que por rompimiento celular durante la filtración.

4) Hellebust (1965), determinó la cantidad de carbono excretado por 22 especies de algas marinas, en diferentes fases de crecimiento dentro de cultivos. La mayoría de las especies estudiadas excretaron del 3 al 6 % del carbono asimilado durante la fase logarítmica. Otras, del 10 al 25 % bajo las mismas condiciones. Somelió asimismo, un grupo de algas bajo dos intensidades de luz (3000 y 25000 lux) y encontró porcentajes hasta del 30 %. En general, encontró que las poblaciones excretan del 4 al 16 % del carbono fotoasimilado; a pesar de que al final de un florecimiento se calculó un por-

ciento de entre el 17 al 38 % de productos de excreción.

5) Nalewajko (1966), observó que para 24 especies de algas planctónicas, los valores fueron menores del 2 % del carbono asimilado. Por otra parte señala que la excreción se incrementó a altas densidades poblacionales, bajo condiciones limitantes de CO₂ y a intensidades luminosas suficientemente altas para inhibir la fotosíntesis.

6) Watt (1966), realizó experimentos de productividad in situ en aguas dulces y observó el incremento de liberación de productos extracelulares, en la superficie y hacia el fondo de la zona fótica. El aumento en la superficie, es asociado a la inhibición de la fotosíntesis por altas intensidades luminosas y el incremento con la profundidad, debido a la fijación de carbono inorgánico en la oscuridad. Los experimentos de laboratorio con poblaciones de fitoplancton y cultivos puros de Chlorella pyrenoidosa, confirmaron este planteamiento. Los resultados obtenidos indican que aguas poco productivas liberan grandes cantidades de productos extracelulares.

7) Hellebust (1967), estudió la cantidad y composición de sustancias excretadas por poblaciones naturales y en cultivo de fitoplancton marino.

8) Anderson y Zeutschel (1970), cuantificaron la tasa de liberación de materia orgánica disuelta en zonas eutróficas y oligotróficas del NE del Océano Pacífico. La cantidad de materia orgánica disuelta fue generalmente mayor cerca de la superficie en las zonas eutróficas; pero fue mayor en las oligotróficas cuando se expresa co-

mo porcentaje de la producción total. Además, establecen una relación los-los entre la producción de materia orgánica particulada y la liberación de productos extracelulares.

9) Samuel, Shah y Foss (1971), trabajando con cultivos uniespecíficos y poblaciones naturales encontraron que el fitoplancton de aguas costeras tropicales excretan productos de la fotosíntesis en forma soluble. La magnitud de esta excreción varió entre el 1 y el 20 % del total de carbono fijado; sin embargo, en una ocasión, la excreción fue proporcional a la fijada. La magnitud de la excreción relativa, parece no ser muy diferente en aguas salobres (12.3 ‰, de salinidad) que la que se presenta en el mar.

10) Berman y Holm-Hansen (1974), estudiaron el proceso de excreción en muestras de aguas oligotróficas, eutróficas y en medios de cultivo. Para la zona trofotónica de aguas eutróficas, registraron valores del 6 al 12 % y en las oligotróficas del 17 al 27 %. En los cultivos de Dunaliella tertiolecta, Gonovaulax polyedra, Gymnodinium splendens, Coccolithos huxleyi, Anabaena cylindrica y Nostoc muscorum, la liberación fue menor del 10 % durante la fase de crecimiento exponencial. Los mayores niveles de excreción se presentaron en la superficie y fondo, posiblemente debidos a una elevada fotorrespiración y senectud de las células.

11) Sharp (1977), realizó una revisión bibliográfica de los distintos autores que han trabajado en el proceso de excreción, señalando las diversas variables que éstos consideran para sus mediciones. Encuentra dos líneas de estudio del proceso de excreción: la prime-

ra basada en trabajos de campo y la segunda realizada en cultivos. Traza dos posibles fuentes de error que pueden cometerse; por un lado un inadecuado uso de blancos en las mediciones de C^{14} en el campo y por otro, el resultado de un 'shock' celular debido al cambio en las mediciones de laboratorio. Concluye que son necesarias mayores evidencias para excreciones altas.

12) Otero (1981), presenta una revisión de los trabajos que se han realizado para México sobre aspectos de productividad. Menciona las investigaciones realizadas para el Pacífico Mexicano por instituciones extranjeras, en cuanto a aspectos de nitrógeno inorgánico, orgánico y su disponibilidad para el fitoplancton y las interrelaciones entre nutrientes-clorofilas, así como los factores que la regulan. Presenta datos sobre el plancton y su relación con los procesos de productividad en aguas tropicales del Pacífico Mexicano. Dentro de las evaluaciones sobre productividad para la costa central del Pacífico Mexicano, calculó valores de excreción que varían desde el 38 hasta el 99.63 %.

En cuanto a los trabajos realizados en la Isla Isabel, estos se refieren a aspectos de tipo geológico, biológico, origen, flora y fauna (Gaviño y Uribe, 1978; Fernández et al., 1976; Ruiz-López, 1977). Para la parte oceánica se han realizado dos trabajos (Fernández et al., 1976; Baez et al., 1977) y un estudio biocenológico de la franja sublitoral (Villalobos, 1981).

Richards (1971), efectuó un estudio sobre la cara del mínimo

oxígeno para la porción E del Océano Pacífico; dos de sus estaciones estén localizadas muy cerca de la Isla ($18^{\circ}42.9'N$ y $105^{\circ}25.2'W$; $19^{\circ}30'N$ y $112^{\circ}W$), encontrando en ellas una zona de deficiencia de oxígeno, entre los 300-600 m de profundidad. Según este autor, las medidas de tasa de fijación de carbono en esta área pueden ser un poco mayores que las asumidas, dadas las altas cantidades de nitrato registradas aquí.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Isla Isabel está localizada a los $21^{\circ}52'N$ y $105^{\circ}54'W$, frente al estado de Nayarit. Su distancia a la parte más cercana del continente (Barra de Mexcaltitán) es de 18 millas (Derrotero OSM-102), encontrándose a 72 km del Puerto de San Blas, Nayarit como del poblado costero de Teacapan, Sinaloa (Fig 1). Hacia el SW de la Isla y aproximadamente a 61.5 km, se localizan las Islas Marias.

Presenta forma irregular (Fig 2), con su eje mayor en dirección NW, de aproximadamente 1807 m de largo, y 696 m de ancho y una superficie de 983436 m² (Gaviño y Uribe, op.cit.). Al sur de la Isla, se encuentra el cerro del Faro con una altitud de 40 m s.n.m. y en cuya cima se encuentra un faro ($21^{\circ}50'30".3 N$ y $105^{\circ}53'20"W$; Derrotero, op.cit.). Cerca de la Isla hay varias rocas aisladas, de las cuales las más prominentes son dos rocas pináculoblanquecinas, una de 27.3 y otra de 12 m de altura, las cuales están situadas cerca del extremo N de la Isla (Derrotero, op.cit.).

La profundidad alrededor de la Isla tiene un promedio de 50 a 70 m (Ruiz-López op.cit.). De acuerdo a Nelson (1899) y Zweifel (1960) fide: Ruiz-López (op.cit.), se considera que la Isla está situada en una zona de aguas relativamente someras que existen entre el Archipiélago de las Marias y el Continente.

La Isla presenta naturaleza volcánica, sin que exista ningun-

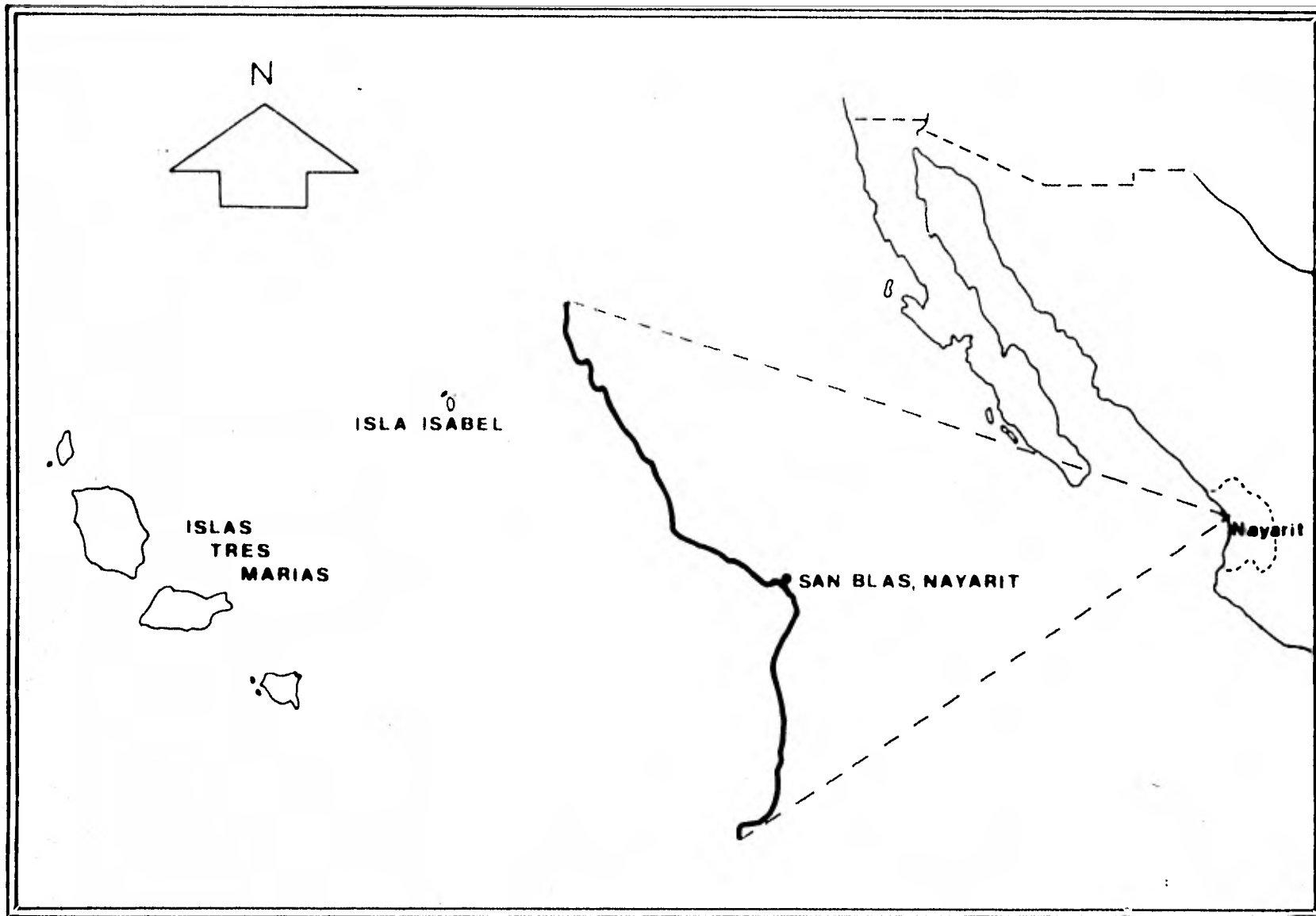


Fig.1 Localización de la Isla Isabel

105° 51'

105° 53'

105° 55'



Fig.2 Isla Isabel

0 500m
Escala

21° 54'

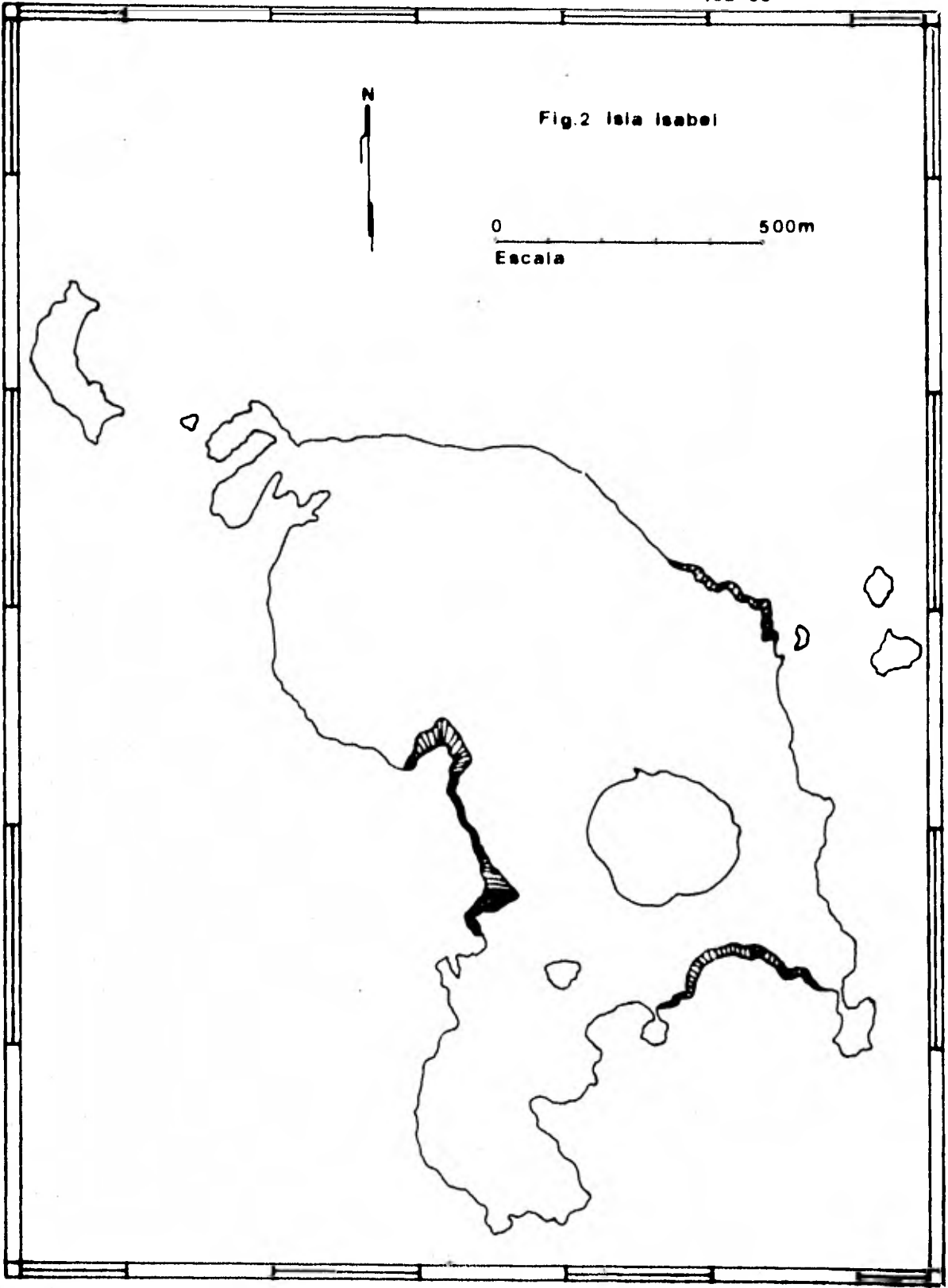
21° 52'

21° 50'

105° 51'

105° 53'

105° 55'



na teoría detallada que explique la forma en que se desarrollaron los eventos volcánicos que le dieron origen; probablemente su formación se dió durante el periodo Cuaternario (Steinger, 1899 y Mertens, 1934 fide: Ruiz-López, op. cit.).

Los datos de climatología para la Isla son escasos, sin embargo, Fernández et al., (op.cit.), Ruiz-López (op.cit.) y Gaviño y Uribe (op.cit.), coinciden en que su clima es semejante al de la costa nayarita, correspondiendo a un clima de tipo Aw (cálido con lluvias en verano), de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1970). El tipo y desarrollo de vegetación en la zona, corresponde con dicha clasificación.

La circulación superficial de la masa de agua en la zona comprendida para la Isla Isabel, está definida principalmente por la Corriente Ecuatorial del Norte, con una pequeña influencia de la Corriente de California.

La Corriente de California, según Wyrtki (1965), frente a la costa de Baja California fluye hacia el sur con una velocidad promedio de 0.2 nudos, siendo casi paralela a la costa y con sólo un ligero componente de alta mar. De marzo a Junio, el flujo alcanza los 15°N. Durante estos meses el flujo al sur del Cabo San Lucas, es divergente y la mayor parte del agua se vuelve hacia el oeste, pero una parte continúa moviéndose hacia el sudeste dentro del Pacífico Oriental Tropical.

Wyrtki (op.cit.), ha señalado que la Corriente Ecuatorial del Norte es alimentada por dos fuentes: la Corriente de California

y el agua del Pacifico Oriental Tropical, pero la contribución de estas dos fuentes varia durante el año. De marzo a Julio, la Corriente Ecuatorial del Norte está suministrada casi exclusivamente por la Corriente de California, que continúa alejándose hacia el sur antes de tomar rumbo al oeste. La contribución del agua del Pacifico Oriental Tropical es más significativa durante el resto del año, coincidiendo con el período en que la Contracorriente se desarrolla con mayor fuerza. De Julio a diciembre, grandes cantidades de agua de la Contracorriente toman rumbo hacia el norte, y alimentan el flujo hacia el Oeste, entre los 10° y los 20°N. En enero, cuando la Contracorriente comienza a desintegrarse y la mayor parte de su agua se vuelve hacia el norte, el flujo de la Corriente Ecuatorial del Norte hacia el oeste está marcado por una banda de altas velocidades. El eje de esta corriente, encontrada también en febrero, se alarga desde Costa Rica hacia el norte hasta cerca de los 17° N, a los 130°W. En febrero y marzo, cuando la Contracorriente solo llega hasta cerca de los 120°W (al este de esta posición) el flujo corre hacia el oeste y el noroeste.

Al oeste de los 120°W, cuando las aguas de la Corriente de California y del Pacifico Oriental Tropical se han unido, y la Corriente Ecuatorial del Norte queda bien establecida, su velocidad es de 0.3 nudos y se mantiene casi constante durante todo el año. Al sur de los 20°N, el flujo generalmente tiene un leve componente al norte y un leve componente al sur, al norte de los 20°N.

Tomando en cuenta la posible influencia del sistema de co-

rrientes, la cercanía de la Isla y las condiciones topográficas del lugar se eligieron las cuatro estaciones que a continuación se mencionan (Fig 3):

a) Estación 1 y 4 situadas al norte de la Isla y con influencia de mar abierto ($21^{\circ}59'N$ y $105^{\circ}51'W$).

b) Estación 2, localizada frente a una pequeña bahía que es utilizada por algunos grupos de pescadores como refugio y zona de trabajo ($21^{\circ}52'N$ y $105^{\circ}53'30''W$).

c) Estación 3 ubicada hacia la parte NE y muy cercana a la línea de costa de la Isla ($21^{\circ}52'30''N$ y $105^{\circ}56'30''W$).

105° 49'

105° 53'

105° 57'

Estación 1
Estación 4

Fig.3 Localización de Estaciones de Muestreo *

21° 58'



0 500 m
Escala

21° 54'

Estación 3

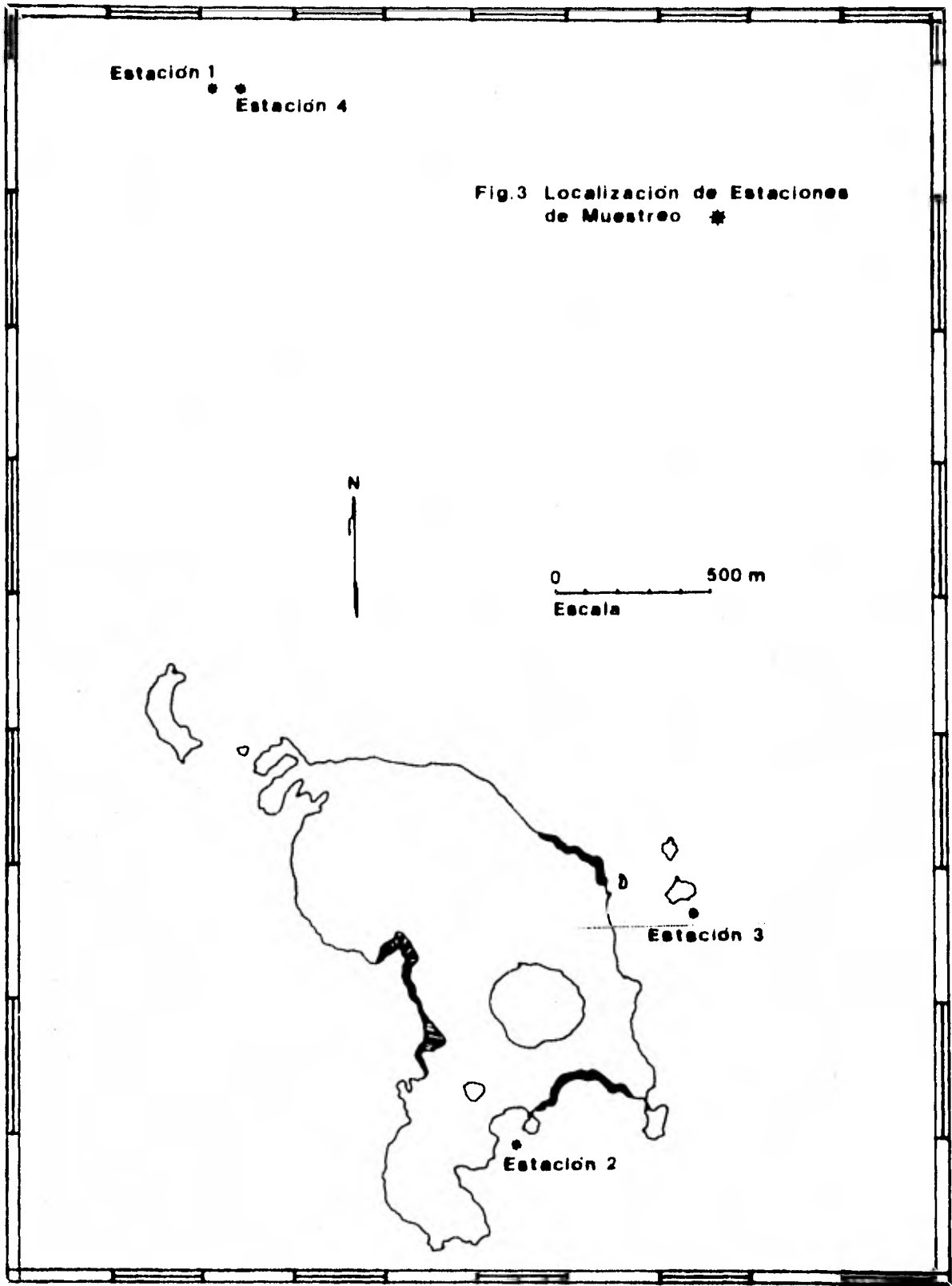
Estación 2

21° 50'

105° 49'

105° 53'

105° 57'



METODOLOGIA

Los muestreos de productividad y parámetros fisicoquímicos fueron realizados en los meses de mayo y octubre de 1980, y febrero y mayo de 1981.

Una visita anterior al primer muestreo, permitió definir las profundidades de trabajo, cada una de las cuales contaba con tres niveles de muestreo (100, 50 y 10 % de iluminación).

Las muestras para las determinaciones fueron obtenidas por medio de una botella Van Dorn de un litro de capacidad. Una porción de cada muestra fué utilizada para los análisis químicos y físicos (nutrientes, alcalinidad, oxígeno, temperatura y salinidad) y el resto se colocó en tres frascos transparentes y uno oscuro (todos de 130 ml) para las determinaciones de productividad.

Productividad Primaria

La productividad primaria en el ambiente marino se puede medir estimando directa o indirectamente la fotosíntesis (Steemann Nielsen, 1963). En el primer caso es medida experimentalmente por el confinamiento de muestras de agua en botellas, en las cuales se evalúa la producción de oxígeno o asimilación de bióxido de carbono, al principio y al final de un intervalo de tiempo; para el segundo caso, este puede ser determinado por la cantidad de pigmentos

y la utilización de factores de conversión (Steeemann Nielsen, *op.cit.*; Suárez-Casbro, 1967). Estos métodos presentan ventajas y desventajas; el uso de ellos puede estar limitado a la producción orgánica del lugar o a la existencia de variaciones estacionales (Steeemann Nielsen, *op.cit.*).

El método de oxígeno para medir la producción primaria en el océano está basado en la relación que se establece entre la cantidad de bióxido de carbono utilizado durante la fotosíntesis y la cantidad de oxígeno producido. Si sólo se formaran carbohidratos durante el proceso fotosintético; cantidades equivalentes de bióxido de carbono y de oxígeno serían asimiladas y liberadas. Sin embargo, grasas y proteínas son formadas conjuntamente con los carbohidratos.

De acuerdo con la composición básica de los algas, planctónicas, como Scenedesmus y Chlorella, la mayoría de los autores usan un factor de intercambio CO_2/O_2 de alrededor de 0.75, expresando de esta forma la medida de la fotosíntesis obtenida por la técnica de oxígeno en equivalentes de carbono (Steeemann Nielsen, 1952 y Rether, 1956 *fide*: Steemann Nielsen, 1963).

La medida de la productividad primaria por el método de evolución de oxígeno fue introducida por Gaarder y Gran (1927) *fide*: Steemann Nielsen (*op.cit.*); siendo utilizado posteriormente con pequeñas modificaciones. Este método permite determinar tanto la fotosíntesis como la respiración que realiza el fitoplancton. Aunque en principio la técnica es muy simple, se han encontrado algunos

errores, los cuales han sido descritos por Steemann Nielsen (1958) vide: Steemann Nielsen (op.cit.).

La técnica de C^{14} para la evaluación de la productividad tiene como fundamento que la tasa de asimilación del CO_2 radioactivo es aproximadamente la misma que el del no marcado, razón por la cual deberá de cuantificarse este último en el agua. Para esto, sólo se multiplica la cantidad de CO_2 radioactivo asimilado, por un factor correspondiente a la tasa entre el CO_2 total y el CO_2 marcado al principio del experimento. La cantidad de C^{14} asimilado es cuantificado por el número de radiaciones beta emitidas por el fitoplancton retenido en un filtro y permite detectar valores hasta del $0.02 \text{ m}^3\text{C}/\text{m}^3/\text{hr}$.

Los primeros trabajos referentes a la evaluación de la productividad primaria por el método de C^{14} (Steemann Nielsen, op.cit.) usaban contadores del tipo Geiger Mueller donde el proceso de medición era tedioso y la sensibilidad menor. Con la introducción de los contadores de centelleo líquido se dispuso de una técnica que permitió evaluar la radioactividad de los filtros a través de su disolución en soluciones de centelleo adecuadas y colocadas en viales para su conteo (p.e. Anderson y Zeutschel, op.cit.).

a) Método de C^{14}

A cada muestra para productividad primaria por el método de C^{14} le fue adicionada una ampollita de 1 ml de bicarbonato de sodio marcado procedente de la Agencia Internacional para la Determina-

ción de C14 (Dinamarca), con una actividad de 4 microcuriés (Ignatiades, 1973 vide: Sharp, 1977; Anonimo-a) e incubada in situ, durante un período de tres a cuatro horas, según lo propuesto por Morris y Skea (1978); procurando mantenerlas el menor tiempo en la superficie, para evitar la posible influencia de la luz en el fitoplancton (Samuel et al., 1971). Se efectuaron, simultáneamente, dos incubaciones con C14 con el propósito de comprobar posteriormente, si existía alguna diferencia en la presión de filtrado a la que se sometía la muestra.

Una vez concluido el período de incubación, se procedió de la siguiente forma: una de las dos muestras incubadas conteniendo carbono radioactivo fue filtrada a través de un filtro millipore (0.2 μ) a una presión aproximadamente igual a 0.2 kg/cm², de acuerdo a lo especificado por Arthur y Rigler (1967), así como Anderson y Zeutschel (1970). La otra muestra fue sometida a 0.3 kg/cm² de presión, con el objeto de determinar posibles diferencias en la medida de la productividad, como lo ha demostrado Kuenzler y Ketchum (1962).

Los filtros fueron colocados en un desecador y expuestos a vapores de HCl concentrado, con el objeto de remover el C14 inorgánico adsorbido (Anderson y Zeutschel, op.cit.). Una vez secos se guardaron en recipientes de plástico, hasta el momento de su determinación en el laboratorio.

Los productos de excreción se determinaron en el agua filtrada procedente de la incubación, la cual fue recuperada en reci-

cientos de plástico y mantenida en congelación. La técnica ha sido descrita por Watt (1966), Vollenweider (1974) y Anderson y Zeutschel (op.cit.), entre otros.

En el laboratorio, la muestra de agua conteniendo los productos de excreción fue llevada a un pH 2.8 con HCl 0.1 N y burbujeada con aire durante 3 minutos (Anderson y Zeutschel, op.cit.) con el propósito de remover el C_{14} inorgánico.

La medición de la radioactividad, tanto en los filtros como en el agua filtrada, fue realizada en un contador de centelleo líquido (modelo Packard Tri-Carb 2425). Este contador permitió obtener valores en cuentas por minuto (c.p.m.) con una eficiencia comprendida entre el 70 y el 80 %, empleándose viales de vidrio con tritosol como solución de centelleo.

Las cuentas obtenidas de los filtros fueron corregidas considerando una posible contaminación en los viales y la radioactividad del medio; la productividad en $mgC/m^3/hr$ fue calculada según Strickland (1966) y Wetzel (1979).

Para los productos de excreción, se consideraron también los blancos arriba descritos y para su cálculo como $mgC/m^3/hr$, se empleó la fórmula propuesta por Sharp (1977).

La suma de la productividad obtenida en los filtros, más la excreción fue considerada como el valor de la Productividad Global (P.G.), valor que pretende acercarse más al valor real de productividad.

b) Método de evolución de oxígeno en botellas clara y oscura

Simultáneamente a la incubación con C14, se procedió a colocar tres muestras de agua en frascos de 130 ml, para la determinación de la productividad por el método de evolución de oxígeno, según lo propuesto por Wetzel y Lickens (1979).

Tres botellas de vidrio de calidad Jena-Glaes (una oscura para evaluar el contenido de oxígeno inicial y otras dos, una clara y una oscura, para realizar la incubación) fueron llenadas con la muestra de agua colectada; las dos últimas fueron regresadas a la profundidad a la que se tomó la muestra, fijándose a una boya, para permanecer durante el período de incubación. Mientras tanto, en la otra botella oscura se determinó la concentración de oxígeno al principio de la incubación. Una vez concluido el período de incubación, las botellas fueron recuperadas y estimada la concentración de oxígeno mediante la técnica de Winkler modificada por Carritt y Carpenter (1966).

Los valores obtenidos para la productividad por el método de oxígeno, fueron calculados de acuerdo con lo propuesto por Wetzel y Lickens (op.cit.) como fotosíntesis neta, bruta y respiración en $\text{mgC/m}^3/\text{hr}$; como aparecen en las tablas, sin embargo estos valores son referidos en el texto como producción neta y producción bruta.

Parámetros Hidrológicos

Simultáneamente a las incubaciones para productividad prima-

ria se obtuvieron muestras para los siguientes parámetros: una fracción para oxígeno (Winkler modificado por Carrit y Carpenter, 1966 fide: García,1973), temperatura (medida por un termómetro convencional), salinidad (refractometría) y alcalinidad (A.P.H.A., 1963), los cuales fueron inmediatamente procesados; y la otra fracción se conservó en refrigeración, para la evaluación en el laboratorio de: amonio (Nehring,1968 y Sasi,1966 fide: Carlberg, 1972), nitritos y nitratos (Strickland y Parsons,1968), fósforo disuelto, ortofosfatos y fósforo total por el método de Nioz (Strickland y Parsons, op.cit.).

Los resultados obtenidos fueron manejados a través de programas de computación. La estadística de los datos fué trabajada por medio de los paquetes SPSS (Nie et al.,1975) y BASIS (Burroughs Advanced Statistical Inquiry System) implementados en la computadora B-6700 del Centro de Servicios de Cómputo de la UNAM.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de productividad obtenidos tanto por el método de C14 (Productividad en filtro, excreción, Porcentaje de excreción y Productividad Global), como por el de oxígeno (Producción neta, bruta y respiración) fueron analizados estadísticamente en forma individual y de promedio de muestreo (incluyendo en él los valores de las diferentes profundidades y estaciones). Los resultados correspondientes a los parámetros hidrológicos siguieron un tratamiento similar.

Análisis de la Productividad por el método de C14

En las tablas 1, 2, 3, 4, así como en la Fig 4, se presentan los valores promedio, mínimo y máximo de cada muestreo para las presiones de filtrado a la que se trabajaron las muestras.

Para mayo de 1980 (Tabla 1) sólo se trabajó con una presión de 0.3 kg/cm². El valor promedio fué de 0.968 mgC/m³/hr, el mínimo de 0.247 mgC/m³/hr (registrado en la estación 1 al 10 % de iluminación) y el máximo fué de 2.260 mgC/m³/hr (obtenido en la estación 2 al 100 % de iluminación).

En octubre de 1980 (Tabla 2) el valor promedio de la productividad a 0.2 kg/cm² fué de 0.074 mgC/m³/hr, mientras que a 0.3 kg/cm² fué de 0.048 mgC/m³/hr. Bajo las dos presiones, los resulta-

Tabla 1. Datos de productividad por el método de C^{14} y O_2 para Mayo de 1980

No. de Estación % de iluminación	Profundidad m	Productividad mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	Excreción mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	% de excreción Pf=0.2 kg/cm ²	Productividad global mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	Productividad mgC/m ³ /hr Pf= 0.3 kg/cm ²
Estación 1						0.701
100 %	0.0					0.787
50 %	9.0					0.247
10 %	18.0					
Estación 2						2.260
100 %	0.0					1.635
50 %	8.0					1.366
10 %	14.4					
Estación 3						
100 %	0.0					
50 %	8.5					
10 %	17.0					
Estación 4						0.739
100 %	0.0					0.688
50 %	9.0					0.306
10 %	18.0					
\bar{x}	6.49					0.968
S	7.24					0.657
Mínimo	0.0					0.247
Máximo	18.0					2.260

No. de Estación % de iluminación	Excreción mgC/m ³ /hr Pf=0.3 kg/cm ²	% de excreción Pf= 0.3 kg/cm ²	Productividad global mgC/m ³ /hr Pf=0.3 kg/cm ²	Fotosíntesis Neto mgC/m ³ /hr	Fotosíntesis Bruta mgC/m ³ /hr	Respiración mgC/m ³ /hr
Estación 1						
100 %	60.6	98.86	61.301	31.1	-8.9	-48.1
50 %	100.7	99.22	101.487	22.8	-11.4	-41.1
10 %	197.4	99.77	107.647	-41.5	-41.5	0.0
Estación 2						
100 %	130.6	98.30	132.860	5.8		
50 %	53.9	97.06	55.53	-183.4		
10 %	86.5	98.47	87.84	-70.2		
Estación 3						
100 %						
50 %						
10 %						
Estación 4						
100 %	11.0	93.73	11.74			
50 %	6.7	90.63	7.39			
10 %	0.0	0.0	0.306			
\bar{x}	61.93	86.22	62.90	-39.23	-20.60	-29.73
S	48.00	32.47	48.32	80.71	18.14	25.98
Mínimo	0.0	0.0	0.306	-183.40	-41.50	-48.10
Máximo	130.60	99.77	132.86	31.10	-8.90	0.0

Denote valores perdidos

Tabla 2. Datos de productividad por el método de C^{14} , O_2
para Octubre de 1980

No. de Estación % de iluminación	Profundidad m	Productividad mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	Excreción mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	% de excreción Pf=0.2 kg/cm ²	Productividad global mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	Productividad mgC/m ³ /hr Pf= 0.3 kg/cm ²
Estación 1						
100 %	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.005
50 %	8.0	0.035	0.0	0.0	0.035	0.014
10 %	14.4	0.061	0.0	0.0	0.061	0.084
Estación 2						
100 %	0.50	0.215	0.0	0.0	0.215	0.098
50 %	4.50	0.129	0.0	0.0	0.129	0.044
10 %	8.50	0.082	0.0	0.0	0.082	0.048
Estación 3						
100 %	0.70	0.073	0.0	0.0	0.073	0.069
50 %	3.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.026
10 %	7.0					
\bar{x}	5.33	0.074	0.0	0.0	0.074	0.048
S	4.62	0.071	0.0	0.0	0.071	0.033
Mínimo	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.005
Máximo	14.40	0.215	0.0	0.0	0.215	0.098

No. de Estación % de iluminación	Excreción mgC/m ³ /hr Pf=0.3 kg/cm ²	% de excreción Pf= 0.3 kg/cm ²	Productividad global mgC/m ³ /hr Pf=0.3 kg/cm ²	Fotosíntesis Neto mgC/m ³ /hr	Fotosíntesis Bruta mgC/m ³ /hr	Respiración mgC/m ³ /hr
Estación 1						
100 %	0.0	0.0	0.005	104.8	38.8	-122.61
50 %	0.0	0.0	0.014	127.0	-46.2	-208.19
10 %	0.0	0.0	0.084	163.2	-55.5	-309.93
Estación 2						
100 %	0.0	0.0	0.098	-7.4	51.5	70.7
50 %	0.0	0.0	0.044	50.6	61.8	13.5
10 %	0.0	0.0	0.048	101.4	21.4	-96.1
Estación 3						
100 %	0.0	0.0	0.069	10.6	-165.67	-127.98
50 %	0.0	0.0	0.026	161.8	264.3	123.0
10 %				146.1	241.7	114.6
\bar{x}	0.0	0.0	0.048	95.32	41.34	-65.89
S	0.0	0.0	0.033	63.68	141.43	153.4
Mínimo	0.0	0.0	0.005	-7.40	-165.67	-309.93
Máximo	0.0	0.0	0.098	163.00	264.30	123.00

Denota valores perdidos

Tabla 3. Datos de productividad por el método de C^{14} y O_2
para Febrero de 1981

No. de Estación % de iluminación	Profundidad m	Productividad mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	Excreción mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	% de excreción Pf=0.2 kg/cm ²	Productividad global mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	Productividad mgC/m ³ /hr Pf= 0.3 kg/cm ²
Estación 1						
100 %	0.50	0.663	0.0	0.0	0.663	0.893
50 %	8.60	0.679	0.0	0.0	0.679	0.878
10 %	16.20	1.351	0.0	0.0	1.351	0.923
Estación 2						
100 %	0.50	2.647	0.0	0.0	2.647	2.293
50 %	5.40	3.135	0.0	0.0	3.135	1.949
10 %	10.20	1.010	0.0	0.0	1.010	3.233
Estación 3						
100 %	0.50	0.910	0.0	0.0	0.910	0.779
50 %	4.50	1.678	0.0	0.0	1.678	1.342
10 %	8.55	1.084	0.0	0.0	1.084	0.782
\bar{x}	6.11	1.46	0.0	0.0	1.46	1.45
S	5.34	0.88	0.0	0.0	0.88	0.86
Mínimo	0.50	0.66	0.0	0.0	0.66	0.78
Máximo	16.20	3.14	0.0	0.0	3.14	3.23

No. de Estación % de iluminación	Excreción mgC/m ³ /hr Pf=0.3 kg/cm ²	% de excreción Pf= 0.3 kg/cm ²	Productividad global mgC/m ³ /hr Pf=0.3 kg/cm ²	Fotosíntesis Neto mgC/m ³ /hr	Fotosíntesis Bruto mgC/m ³ /hr	Respiración mgC/m ³ /hr
Estación 1						
100 %	0.0	0.0	0.893	-6.5	0.0	7.8
50 %	0.0	0.0	0.878	-121.01	0.0	121.3
10 %	0.0	0.0	0.923	14.6	9.8	-5.9
Estación 2						
100 %	0.0	0.0	2.293	121.9	121.9	0.0
50 %	0.0	0.0	1.949	9.2	9.2	0.0
10 %	0.0	0.0	3.233	-130.83	-61.13	57.8
Estación 3						
100 %	0.0	0.0	0.779	13.9	-83.2	-115.27
50 %	0.0	0.0	1.342	10.8	-21.6	-38.8
10 %	0.0	0.0	0.782	-229.97	29.5	265.7
\bar{x}	0.0	0.0	1.45	-35.32	0.49	32.51
S	0.0	0.0	0.86	105.43	58.13	108.41
Mínimo	0.0	0.0	0.78	-229.97	-83.20	-115.27
Máximo	0.0	0.0	3.23	121.90	121.90	265.70

- Denota valores perdidos

Tabla 4. Datos de productividad por el método de C^{14} y O_2
para Mayo de 1981

No. de Estación % de iluminación	Profundidad m	Productividad mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	Excreción mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	% de excreción Pf=0.2 kg/cm ²	Productividad global mgC/m ³ /hr Pf=0.2 kg/cm ²	Productividad mgC/m ³ /hr Pf= 0.3 Kg/cm ²
Estación 1						
100 %	0.50	4.903	0.0	0.0	4.903	4.66
50 %	6.0	1.677	4.2	71.40	5.877	1.728
10 %	10.20	4.733	2.1	30.73	6.833	3.317
Estación 2						
100 %	0.50	4.517	0.0	0.0	4.517	0.124
50 %	4.0	7.600	0.0	0.0	7.60	6.472
10 %	8.0	4.046	0.3161	0.77	4.362	0.074
Estación 3						
100 %	0.5	0.885	0.0	0.0	0.885	1.089
50 %	4.0	1.769	0.0	0.0	1.769	1.227
10 %	8.2	1.014	0.0	0.0	1.014	2.505
\bar{x}	4.66	3.46	0.74	11.43	4.19	2.42
S	3.69	2.26	1.99	24.66	2.47	2.11
Mínimo	0.50	0.89	0.0	0.0	0.89	0.07
Máximo	10.20	7.60	4.2	71.40	7.60	6.47

No. de Estación % de iluminación	Excreción mgC/m ³ /hr Pf=0.3 kg/cm ²	% de excreción Pf= 0.3 kg/cm ²	Productividad global mgC/m ³ /hr Pf=0.3 kg/cm ²	Fotosíntesis Neta mgC/m ³ /hr	Fotosíntesis Bruta mgC/m ³ /hr	Respiración mgC/m ³ /hr
Estación 1						
100 %	0.0	0.0	4.66	-141.089	-261.13	-120.04
50 %	5.1	74.56	6.83	-32.5	-48.8	-19.5
10 %	12.6	79.13	15.97	102.1	-21.3	-148.02
Estación 2						
100 %	0.0	0.0	0.124	6.3	-75.4	-98.0
50 %	2.1	24.63	8.572	0.0	-30.0	-36.0
10 %	0.0	0.0	0.074	52.9	0.0	-69.4
Estación 3						
100 %	0.0	0.0	1.689	-10.4	-36.5	-120.81
50 %	3.4	73.73	4.627	-48.1	-9.6	46.2
10 %	0.0	0.0	2.05	-55.0	-186.53	-120.81
\bar{x}	2.58	28.01	4.05	-13.42	-74.36	-66.31
S	4.19	36.75	5.05	69.46	89.48	61.79
Mínimo	0.0	0.0	0.074	-141.089	-261.13	-148.02
Máximo	12.6	79.13	15.97	102.10	0.0	46.20

* Denota valores perdidos

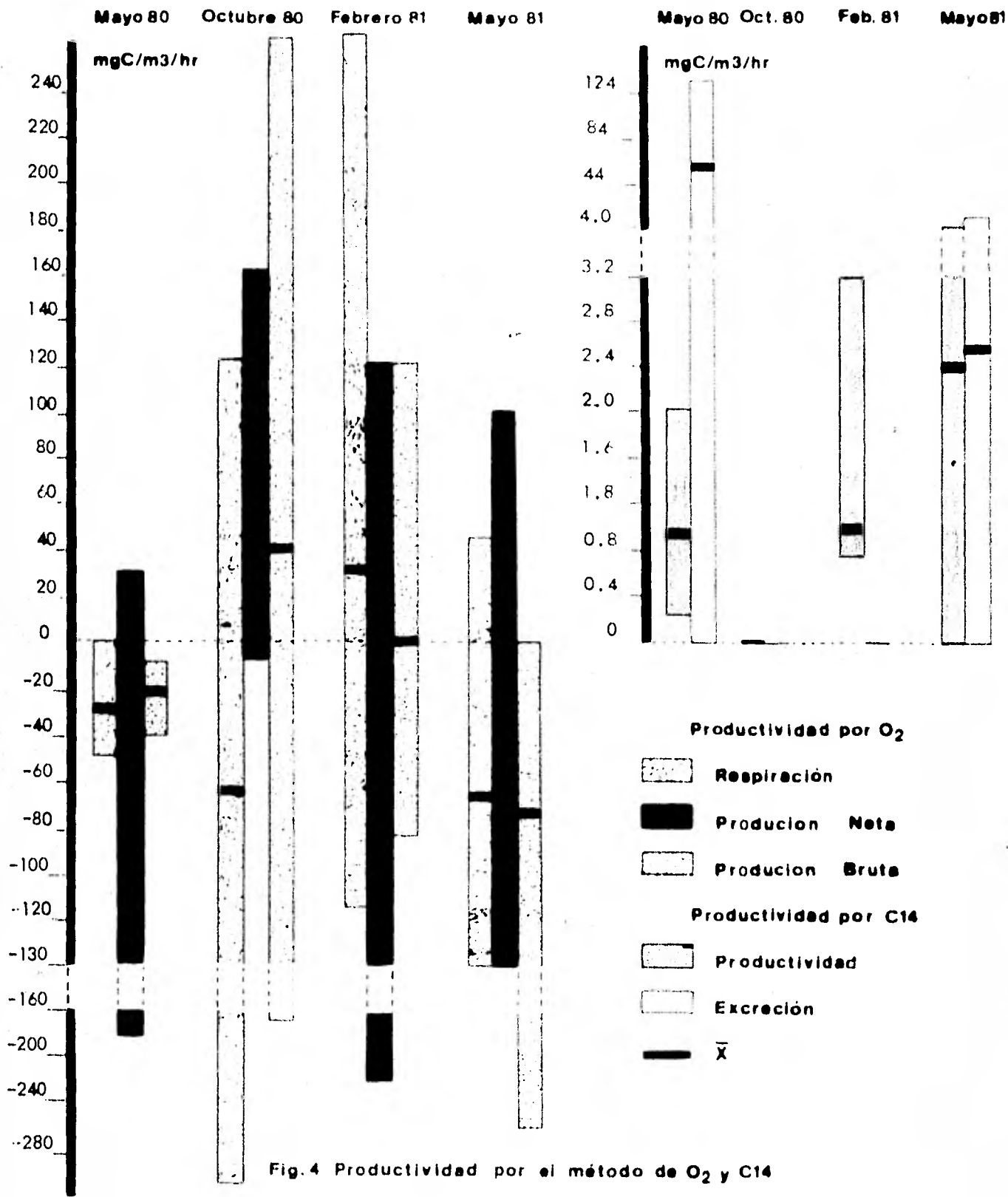


Fig. 4 Productividad por el método de O₂ y C₁₄

dos obtenidos son muy parecidos; ambas cifras son inferiores con respecto a las anteriores. Los valores mínimos a 0.2 y 0.3 kg/cm² fueron, 0.035 y 0.005 mgC/m³/hr, respectivamente, obtenidos en la misma estación, pero diferente nivel (Estación 1 al 50 % de iluminación para 0.2 kg/cm² y 100 % de iluminación para 0.3 kg/cm²); así mismo fueron también más bajos que los de mayo de ese mismo año. La productividad máxima para las dos presiones de trabajo, nuevamente coincidieron en una misma estación y profundidad (Estación 2, 100 % de iluminación), siendo para 0.2 kg/cm² de 0.215 mgC/m³/hr y para 0.3 kg/cm² de 0.098 mgC/m³/hr; ambos valores resultan menores que los obtenidos en mayo de 1980.

En la Tabla 3 correspondiente a febrero de 1981, el valor promedio a 0.2 kg/cm² fue de 1.46 mgC/m³/hr y a 0.3 kg/cm² de 1.45 mgC/m³/hr estas cifras fueron más altas que las registradas en mayo y octubre de 1980. Los valores mínimos fueron de 0.66 y 0.78 mgC/m³/hr para 0.2 y 0.3 kg/cm². Sin embargo, en este caso los mínimos no coincidieron ni para la estación ni en la profundidad de análisis (el mínimo a 0.2 kg/cm² se obtuvo en la estación 1 al 100 % de iluminación y el mínimo a 0.3 kg/cm² se registró en la estación 3 al 10 % de iluminación; además ambos mínimos fueron más elevados que los de las prospecciones anteriores. Por otra parte, los valores máximos fueron obtenidos en la misma estación 2, pero en diferente nivel (3.14 mgC/m³/hr al 50 % de iluminación bajo 0.2 kg/cm²; y 3.23 mgC/m³/hr al 10 % de iluminación con 0.3 kg/cm² de presión), valores que resultaron ser significativamente mayores que los de los muestreos anteriores.

Para mayo de 1981 (Tabla 4), la Productividad promedio a 0.2 kg/cm² y a 0.3 kg/cm² fué de 3.46 y 2.42 mgC/m³/hr respectivamente. Estas son las cifras promedio más altas obtenidas en todos los muestreos. Asimismo, el valor mínimo a 0.2 kg/cm² fué de 0.89 mgC/m³/hr en la estación 3 al 100 % de iluminación y el mínimo a 0.3 kg/cm² fué de 0.07 mgC/m³/hr para la estación 2 con 10 % de iluminación. Como puede verse, nuevamente no hubo correspondencia entre las estaciones y las profundidades.

En lo que respecta a las cifras máximas, éstas fueron de 7.60 mgC/m³/hr para 0.2 kg/cm² y de 6.47 mgC/m³/hr para 0.3 kg/cm², ambas se obtuvieron en la estación 2 al 50 % de iluminación. Estos valores fueron los más altos obtenidos en los cuatro muestreos.

Es importante hacer notar que en todos los meses de muestreo, la estación 2 mostró siempre las cifras más altas de productividad, esto puede deberse a que se encuentra localizada en una pequeña bahía que le condiciona el ambiente fisicoquímico apropiado.

Los valores promedio para todas las visitas, oscilaron desde 0.048 a 3.46 mgC/m³/hr. Los mínimos variaron desde 0.0 a 0.89 mgC/m³/hr (4 obtenidos al 100 % de iluminación en los meses de octubre de 1980, febrero y mayo de 1981; y los tres restantes al 10 % para mayo de 1980, febrero y mayo de 1981). Los valores máximos, con un intervalo de entre 0.098 a 7.60 mgC/m³/hr, fueron registrados tanto al 10 % (1 valor), 50 % (3 valores) y 100 % de iluminación (3 valores). No se observa por tanto, una tendencia definida, entre las estimaciones de productividad y % de iluminación.

Las cifras mínima y máxima (0.048 mgC/m³/hr para octubre de 1980 y 7.60 mgC/m³/hr en mayo de 1981) obtenidas en todas las estimaciones, concuerdan con los resultados obtenidos por Otero (1981) para la costa de Chamela, Jalisco; por otro lado, el intervalo de valores promedio obtenidos comparado con los valores registrados por Anderson y Zeutschel (1970) (3.125 mgC/m³/hr como máximo) para aguas costeras del Océano Pacífico (donde la productividad fue alta debido a la ascensión de masas de agua) resultaron ser mayores.

Debido a que los valores promedio obtenidos para la presión de 0.2 y 0.3 kg/cm² no presentaron diferencias evidentes (Tabla 5), se efectuaron pruebas de T Student con el propósito de verificar si existía alguna variación en la medida de la productividad bajo una presión de filtrado o la otra.

Como puede observarse, el valor de T, con 25 grados de libertad y un alfa = 0.05, se encuentra por debajo del nivel tabulado (2.0595); lo que permite concluir que no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre ambos promedios.

Con base en este análisis, es notorio que la medida de la productividad por C₁₄, no se ve afectada por la presión de filtrado al menos bajo el intervalo de presión a la que se trabajaron las muestras.

En cuanto a los resultados de excreción correspondientes a mayo de 1980 (Tabla 1), sólo se obtuvieron bajo una presión de 0.3 kg/cm². El valor promedio fué de 61.93 mgC/m³/hr, el cual resultó

Tabla 5. Puebas de T para datos globales
(mgC/m³/hr)

VARIABLE	N	\bar{X}	S	DIFERENCIA DE PROMEDIOS	S	R	VALOR DE T	GRADOS DE LIBERTAD	ALFA α
Productividad Cl4 Pf=0.2 kg/cm ²	26	1.7268	1.967	0.3709	1.342	0.736	1.410	25	<0.05
Productividad Cl4 Pf=0.3 kg/cm ²		1.3559	1.618						
Excreción Pf=0.2 kg/cm ²	26	0.2545	0.905	-0.6378	2.159	0.692	-1.510	25	<0.05
Excreción Pf=0.3 kg/cm ²		0.8923	2.684						
Productividad glo bal Pf=0.2 kg/cm ²	26	1.9812	2.288	-0.2515	2.252	0.765	-0.550	25	<0.05
Productividad glo bal Pf=0.3 kg/cm ²		2.2327	3.582						
Productividad Cl4 Pf=0.3 kg/cm ²	35	1.2561	1.434	-16.5768	35.785	0.040	2.740	35	>0.05
Productividad glo bal Pf=0.3 kg/cm ²		17.8330	35.81						
Productividad Cl4 Pf=0.3 kg/cm ²	32	1.3197	1.484	0.1415	94.657	-0.309	0.01	31	<0.05
Producción Neta		1.1782	94.188						

ser el más alto obtenido de todos los muestreos. La excreción mínima, se registró en la estación 4 al 50 % de iluminación (6.7 mgC/m³/hr) y la máxima se obtuvo en la estación 2 al 100 % de iluminación (130.60 mgC/m³/hr); este último valor fué el más alto obtenido para todas las evaluaciones, encontrándose una correspondencia con el valor más alto de productividad obtenido en este mes.

En los meses de octubre de 1980 y febrero de 1981 (Tablas 2 y 3, respectivamente) no se registró excreción alguna. En mayo de 1981 (Tabla 4), se presentó un ligero incremento, el valor promedio a 0.2 y a 0.3 kg/cm² de presión fué de 0.74 y 2.58 mgC/m³/hr. La excreción mínima a 0.2 kg/cm², fué observada al 10 % de iluminación con 0.3161 mgC/m³/hr y a 0.3 kg/cm² se obtuvo 2.1 mgC/m³/hr al 50 % de iluminación; ambas cifras obtenidas para la misma estación 2. En el caso específico de la estación 2 para este mes, se encontró una escasa relación con lo encontrado en mayo, lo que hace suponer que las evaluaciones en esta localidad pueden influir no sólo en la productividad, sino que también en la excreción de materiales orgánicos. En forma semejante a los casos anteriores, los valores más altos se registraron en una misma estación, y en este caso fué la estación 1 que al 50 % de iluminación se encontró 4.2 mgC/m³/hr.

El resultado promedio de excreción, a 0.2 kg/cm² fué de 0.2545 mgC/m³/hr y a 0.3 kg/cm² fué de 0.8923 mgC/m³/hr (Tabla 5), presentando una diferencia de 0.6378 mgC/m³/hr. El resultado de la prueba de T bajo las mismas especificaciones que el parámetro anterior es menor del valor de T tabulado; en consecuencia ambos promedios no difieren significativamente.

Productividad y Excreción.

Aún cuando se pudo registrar una variación de la productividad en función de la profundidad y en los meses de muestreo (de 6.47 mgC/m³/hr, valor máximo, a 0.005 mgC/m³/hr, valor mínimo), se promedió tanto la productividad como la excreción de todos los niveles, los diferentes meses y en todas las localidades, con el objeto de calcularlo por año y señalar como la cifra de productividad se ve alterada substancialmente al sumársele lo excretado para crear un nuevo valor (Productividad Global). En consecuencia, la Productividad Global es definida por la excreción (Tabla 6).

La fracción que representa la excreción de la Productividad Global varía entre amplios límites (desde 0.0 a 99.77 %), con un valor promedio, de 29.37 %. Tomando en cuenta dicho promedio, el porcentaje de excreción representa una fracción importante de la productividad, lo cual concuerda con lo obtenido en los trabajos de McAllister et al. (1961), Antia et al. (1963), Samuel et al. (1971) y Sharp (op.cit.). Debido a la amplia variación presentada por la excreción, no considerarlo implica una cuantificación errónea en la medida de la productividad, ya que se obtienen de esta forma datos que no reflejan de manera exacta o precisa, la cantidad de materia orgánica disponible para su consumo por los siguientes niveles tróficos.

Por otra parte, en esta metodología no se considera aquel C12 excretado y que también pudiera ser fuente de subestimación.

Tabla 6. Análisis global de la Productividad
por el método de C14 y O2

	Productividad		Excreción mgC/m3/hr	% de Excreción	Productividad Global		
	mgC/m3/hr	mgC/m2/año			mgC/m3/hr	mgC/m2/día	mgC/m2/año
\bar{X}	1.25	44012.24	16.59	29.37	17.83	1171.95	624862.31
S	1.43	50231.86	35.78	43.05	35.81	3438.10	1250000
Valor mínimo	0.005	175.20	0	0	0.005	0.48	175.20
Valor máximo	6.471	226778	130.6	99.77	132.86	12754.56	4650000

	Producción Neta mgC/m3/hr	Producción Bruta mgC/m3/hr	Respiración mgC/m3/hr
\bar{X}	5.56973	-11.82	-32.88
S	96.08	104.06	113.57
Valor mínimo	-229.97	-261.13	-309.93
Valor máximo	163.00	264.30	265.70

Al realizarse la comparación entre la Productividad Global bajo una y otra presión, el valor de T indica una igualdad entre los promedios obtenidos bajo presiones diferentes (Tabla 5).

La variación tan grande que se obtuvo de la excreción puede deberse, como algunos autores lo han señalado, a una gran cantidad de factores entre los que destacan posibles errores en la metodología: como la utilización de una solución de centelleo poco adecuada (Anderson y Zeutschel, 1970), el volumen de agua filtrada (Arthur y Rigler, 1967; Gieskes et al., 1979), conteos de excreción sólo un poco mayores que los de fondo (McKinley et al., 1977), daño a las células del fitoplancton, dado que existen grupos más frágiles que otros (Lasker y Holmes, 1957 vide: Foss et al., 1965; Arthur y Rigler, op. cit.), alteración del estado fisiológico de la célula (Foss y Watt, 1965), daño a las células por fotooxidación (Hellebust, 1965), etc.

Sin embargo, Foss et al. (1965) han señalado que las sustancias orgánicas marcadas son probablemente más liberadas por las células intactas, que por rompimiento de las células durante la filtración.

Relación entre la Productividad y la Productividad Global

Parece un hecho que la técnica de productividad por C14, con la cual sólo se determina la materia particulada marcada con C14, proporcione una subestimación de la Productividad Primaria Global como lo han señalado Foss et al. (op. cit.)

Con el propósito de encontrar alguna proporcionalidad entre la productividad y la Productividad Global, se calculó su coeficiente de correlación y su correspondiente prueba de T de Student (solo bajo la presión de 0.3 kg/cm²). El análisis de regresión lineal no ofreció correlación ya que se encontró un valor de $r = 0.04$, con un alfa mayor de 0.05. Este resultado impide obtener un valor de Productividad Global en base a un valor conocido de Productividad, posiblemente por la gran variedad de los factores ya mencionados y que se pueden ver involucrados en un momento dado, sin ser alguno de ellos el determinante.

En la Tabla 5, se observa que la diferencia entre los promedios fue de 16.5768; con un alfa=0.05 y 34 grados de libertad, se tiene un valor de $T=2.74$, valor que supera el tabulado (2.0423) y que corrobora el resultado anterior.

Variaciones mensuales de la Productividad y Excreción

El comportamiento promedio mensual de la productividad y excreción, se resume en la Fig 4. Como puede observarse, el valor promedio de productividad obtenido para mayo de 1980 fue de 0.968 msC/m³/hr, y disminuye radicalmente en octubre de ese mismo año a 0.048 msC/m³/hr, marcándose un aumento para febrero y mayo de 1981 de 1.43 msC/m³/hr y 2.42 msC/m³/hr respectivamente.

En cuanto a la excreción, esta presenta variaciones de mes en mes muy heterogéneas. Durante el mes de mayo de 1980, se registró el valor promedio más alto, 61.93 msC/m³/hr, y el máximo, 130.6

mgC/m³/hr en la estación 2 al 100 % de iluminación. Para los meses de octubre de 1980 y febrero de 1981, no se detectaron productos excretados, y para mayo de 1981, se obtuvieron valores de excreción (2.57 mgC/m³/hr), que no fueron tan altos como los registrados en mayo de 1980 .

Es importante señalar que a pesar de que el comportamiento de la productividad y la excreción no siguen una secuencia definida en los meses de trabajo, esto es debido posiblemente a que no se presenta un ciclo anual; por otro lado, es notorio que en los meses primaverales la excreción fue mayor.

Para efectuar la comparación de los datos obtenidos con los de otros autores, se procedió a transformar los resultados de productividad de mgC/m³/hr a mgC/m²/hr según lo propuesto por Margalef (1967-b) y de esta forma, obtener la productividad de la zona de trabajo con otros puntos del océano.

La productividad en filtro promedio fué de 44.01 μ C/m²/año (Tabla 6), valor que se encuentra por debajo de los reportados por Margalef (1974) para esta zona (100 μ C/m²/año); sin embargo, la cifra máxima obtenida en este trabajo fué de 226.778 μ C/m²/año.

El valor promedio obtenido para la Productividad Global es de 1171.95 mgC/m²/día, valor que se asemeja con el de la zona de divergencia cercana a las costas de Africa con 1400-4000 mgC/m²/día (Sorokin y Kliashtoria, 1961 y Kondratieva, 1964 fide: Kondratieva y Sosa, op.cit.). Sin embargo, el primero se encuentra referido como Productividad Global y los segundos como Productividad sin produc-

tos de excreción obtenido por otros autores.

Análisis de la Productividad por el Método de Oxígeno

En la Tabla 6 se presentan los valores promedio obtenidos para la producción neta, bruta y respiración. A pesar de que solo se muestran en la Tabla los valores máximo y mínimo, las cifras varían entre un amplio intervalo, obteniéndose inclusive cifras negativas.

Wetzel y Lickens (1979), señalan que el valor de producción bruta se refiere a la verdadera tasa de fotosíntesis de materia orgánica después de un período de incubación; mientras que la producción neta es el resultado de la diferencia entre la fotosíntesis de materia orgánica (producción bruta) y la respiración. Tomando en cuenta esta consideración, se esperaría que el valor de producción bruta fuese igual a la suma de la producción neta más la respiración, sin embargo; dicha suma es considerablemente menor que el valor de producción bruta. Esta discrepancia es debido a una fuente básica de error en la metodología (Ryther y Vaccaro, 1954), ya que se asume que tanto en la botella clara como en la oscura, el proceso de respiración es el mismo. Ryther y Vaccaro (op.cit.) han mostrado que la respiración en la botella clara es probablemente un poco mayor que el de la botella oscura, debido a que se presenta un apreciable crecimiento de los organismos fitoplanctónicos confinados en la botella clara; asimismo, si no se presenta una rápida división celular, la conversión y metabolismo de los nuevos productos de la fotosíntesis puede provocar una considerable tasa

de respiración en la botella clara.

Los valores promedio de respiración, producción neta y bruta por mes, se presentan en la Fig. 4 y tablas 1, 2, 3 y 4, tanto para el mes de mayo 1980, como para mayo de 1981, todos los valores fueron negativos; mientras que en el mes de octubre de 1980 y febrero de 1981, los promedios son, en general, positivos. Es importante señalar que en los muestreos de productividad por C^{14} para octubre de 1980, se registraron valores muy pequeños mientras que por oxígeno se obtuvieron valores de producción neta y respiración muy grandes.

Los promedios de respiración durante los meses de muestreo fueron negativos, a excepción de febrero de 1981 (32.51 $mgC/m^3/hr$). El comportamiento de la producción neta sigue una curva suave que comienza en mayo de 1980 (-39.23 $mgC/m^3/hr$) con valores negativos, llega a un máximo en octubre de 1980 (95.32 $mgC/m^3/hr$) y comienza a disminuir hacia febrero de 1981 (-35.32 $mgC/m^3/hr$), para llegar finalmente a mayo 1981 (-66.31 $mgC/m^3/hr$). Los valores de producción bruta siguen un patrón semejante al de la producción neta.

La presencia de valores negativos para la productividad por oxígeno son resultados difíciles de interpretar. Autores como Steemann Nielsen (1958) vide: Steemann Nielsen (1963), Williams y Murdoch (1968), Jordan (1971), Otero (1981) entre otros, han señalado que los resultados negativos pueden ser consecuencia de problemas inherentes a la metodología, como: la presencia de burbujas de aire en las botellas durante el experimento (Steemann Nielsen,

op.cit.), intervalos de tiempo cortos y bajas concentraciones de organismos (Ruther y Vaccaro, 1954), los procesos de respiración por bacterias y otros organismos, así como el confinamiento de las poblaciones en los frascos (Steeemann Nielsen, op.cit.).

Comparación entre los métodos del C14 y del Oxígeno

Por el método de oxígeno es posible obtener valores de producción negativos (casos en los cuales la respiración supera a la fotosíntesis), por el de C14 siempre resultan producciones positivas (Marstalef, 1967-b), dado que la técnica evalúa más la producción neta que la bruta. Steemann Nielsen y Hansen (1959) ci-
de: Steemann Nielsen (1963), proponen una corrección para el método de C14 debido al efecto por la respiración, sin embargo, no se considera útil debido a que se basa en una extrapolación teórica a partir de los datos obtenidos (Jordan, 1971). Dicha corrección para la respiración podría acercar más el valor de productividad por C14 al de productividad por oxígeno; sin embargo, no hay acuerdos en este punto, ya que la intensidad respiratoria varía según la población de plancton de que se trate.

Es necesario hacer notar, que las magnitudes entre ambas medidas varían considerablemente, desde -229.97 a 163 $\text{mgC/m}^3/\text{hr}$ por el método de oxígeno; y de 0.005 a 3.23 $\text{mgC/m}^3/\text{hr}$ por el método de C14. Se observa además, que la fecha en que se registró el valor máximo por el método de oxígeno (octubre de 1980) corresponde con el valor mínimo de productividad por C14; y cuando se presentó el máximo de productividad por C14 (febrero 1981) se encontró el mini-

mo por oxígeno. Una tendencia similar es la seguida por los valores promedio de producción neta y productividad por C14, debido posiblemente al efecto de la respiración sobre la producción bruta.

Con el propósito de evaluar estadísticamente la relación entre la productividad por C14 y la producción neta, se obtuvo el coeficiente de correlación r y se efectuó una prueba de T de Student (Tabla 5). El coeficiente de correlación fué de -0.309 , que está por debajo de la r tabulada. Este resultado no indica por tanto, una falta de relación entre ambas medidas.

El valor de T tabulado, (2.040) es mayor al de T obtenido (0.01), según el cual no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre, la medida de la productividad primaria por un método u otro; por otro lado (Tabla 5), el valor de desviación estándar (S) para la producción neta fué de $94.188 \text{ mgC/m}^3/\text{hr}$, desviación que comprende a los valores de productividad por C14 ($S=1.484$); por tal motivo no es posible efectuar una comparación de ambos métodos tomando en consideración esta prueba.

A pesar de esto, los resultados obtenidos para la productividad por el método de oxígeno son bastante mayores que los registrados por el método de C14, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Ruther (1954), Arthur y Risler (1967), Banett e Hirota (1967) y Margalef (1974), entre otros.

Ruther (op.cit.) ha señalado, para aguas tropicales, que ambos métodos presentan una baja semejanza; los valores para C14 fueron consistentemente menores por un factor de 10 a 100, debido

principalmente a una pérdida a través de la respiración, del carbono incorporado. Señala asimismo que la magnitud por la cual la respiración del C14 puede afectar las medidas de la fotosíntesis, depende entre otras cosas de la tasa de respiración/fotosíntesis.

McAllister, Shah y Strickland (1964) vide: Banett e Hirota (op.cit.) encuentran en cultivos de Skeletonema costatum que la tasa de asimilación de C14 varía con el tiempo de incubación del experimento, mientras que la producción por oxígeno permanece constante. Muestran que las diferencias entre los métodos son debidas a la excreción del carbono asimilado, ya que al sumar lo excretado a la producción por C14 se registran valores más altos que el valor de producción neta. Arthur y Risler (op.cit.) señalan que esta escasa igualdad es debida a un considerable daño celular y pérdida de C14 fijado.

Sin embargo, Ryther y Vaccaro (1954) han mostrado que en períodos más largos de incubación (6 horas para el método de C14 y 24 para el de oxígeno), es posible encontrar una semejanza entre ellos. Este aumento en el tiempo de incubación presenta serias desventajas para ambos métodos, como es la presencia de un ciclamiento en el proceso fotosintético (Boty y Odum, 1957 vide Jordan, 1971), reciclado de los productos extracelulares formados a través de la fotosíntesis, respiración o su excreción (Marsalek, 1967-b), etc.

Hidrología y Comportamiento de la Productividad y Excreción

En la Fig 5, se muestran las variaciones de la productividad

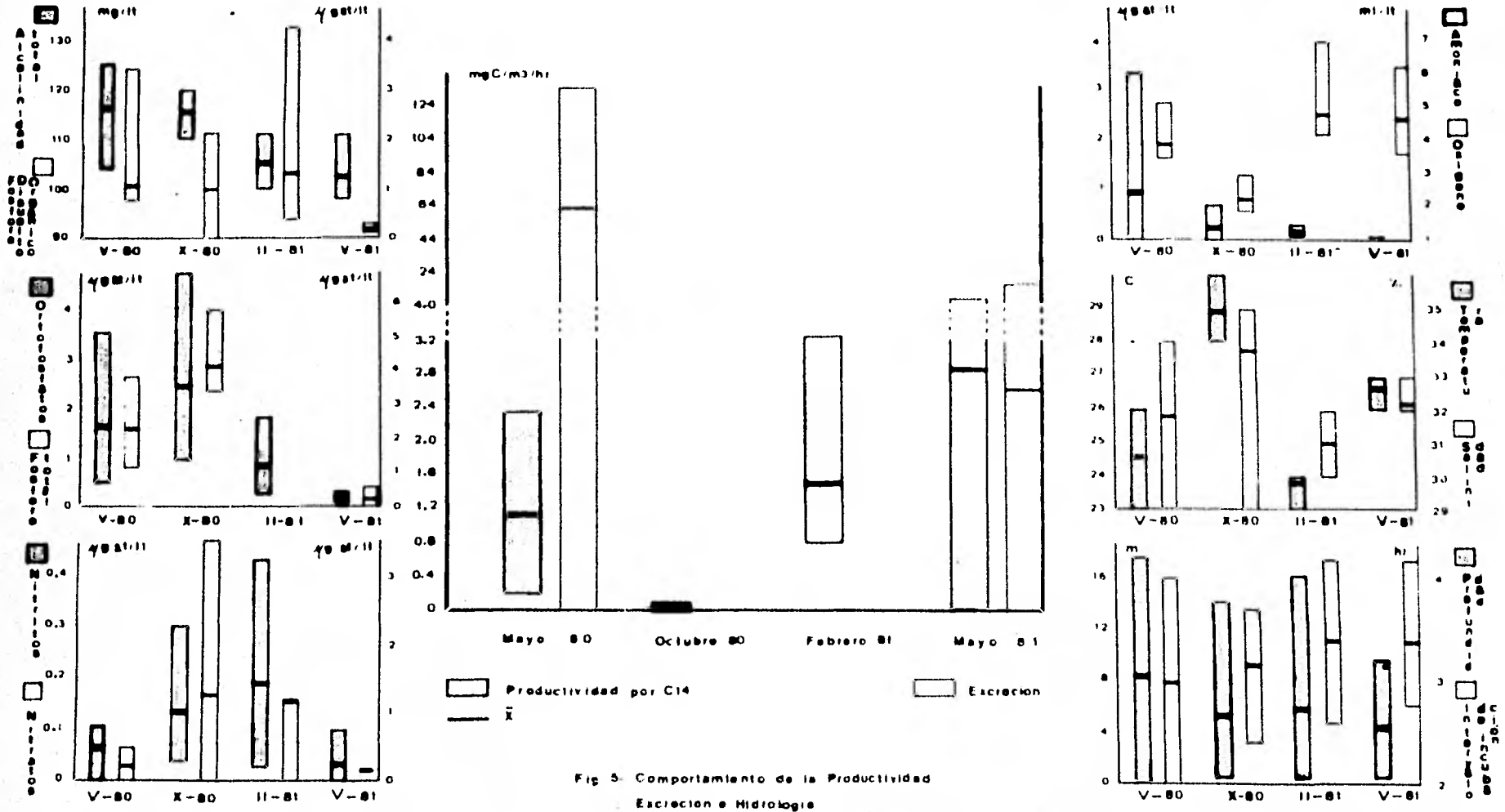


Fig 5. Comportamiento de la Productividad, Excreción e Hidrología

y excreción, así como de los parámetros hidrológicos obtenidos en los muestreos.

a) Alcalinidad Total (Alic.Tot) y Fósforo Disuelto Orgánico (FDO)

El valor promedio de la Alic.Tot (Fig 5), permaneció más o menos constante durante mayo y octubre de 1980 y disminuyó en febrero y mayo de 1981. La concentración de alcalinidad total para mayo de 1980 (Tabla 7) osciló entre un máximo de 125 mg/l en la estación 4 al 50 % de iluminación a un mínimo de 104 mg/l en la estación 1 al 100 % de iluminación, con un promedio de 116.33 mg/l. En octubre de 1980 (Tabla 8), el promedio no varió con respecto al muestreo anterior; el máximo fue de 121 mg/l para la estación 1 al 10 % de iluminación, el mínimo fue de 110 mg/l en la estación 2 al 50 % y en la estación 3 al 100 % de iluminación.

Para febrero de 1981 (Tabla 9), los valores disminuyeron en general; el promedio fue de 105.78, con un máximo de 111 mg/l para la estación 1 al 10 % de iluminación y un mínimo de 100 mg/l en la estación 3 al 50 % de iluminación. En mayo de 1981 (Tabla 10), la concentración se encontró cercana a la de febrero de 1981; el promedio es de 103.44 mg/l con un máximo de 111 mg/l para la estación 2 al 10 % y un mínimo de 98 mg/l en la estación 3 al 100 %.

El coeficiente de correlación, r , con productividad por C14 (Tabla 11) fue de -0.58685, que se encuentra por arriba de la r tabulada. Este resultado nos indica una relación inversa (Fig 5) entre la productividad y la alcalinidad total con un nivel de confiabilidad igual al 99.95 %. Por otro lado, la r obtenida para la ex-

Tabla 7. Parámetros físicoquímicos obtenidos para Mayo de 1981

No. de Estación % de iluminación	Alcalinidad de CaCO ₃ mg/l	Alcalinidad a la fenoftealeína mg/l	Alcalinidad total mg/l	Fósforo disuelto orgánico μ g.et/l	Urosfosforos μ g.et/l	Fósforo total μ g.et/l	Nitritos μ g.et/l	Nitrosos μ g.et/l
Estación 1								
100 %	23.52	6.0	134.0	0.440	1.516	2.689	0.098	0.148
50 %	24.96	14.0	118.0	1.124	2.004	2.298	0.020	0.066
10 %	24.00	5.0	105.0	1.173	2.102	3.080	0.059	0.107
Estación 2								
100 %	25.68	7.0	114.0	0.831	1.173	1.956	0.029	0.538
50 %	24.96	14.0	118.0	0.782	2.787	3.813	0.098	0.210
10 %	24.48	10.0	112.0	0.538	1.369	2.396	0.118	0.004
Estación 3								
100 %	25.44	15.0	121.0	1.076	1.467	2.640	0.029	0.148
50 %	23.76	21.0	120.0	3.422	1.422	1.173	0.118	0.271
10 %	24.24	15.0	116.0	0.880	1.613	2.347	0.108	0.148
Estación 4								
100 %	25.68	16.0	123.0	0.929	0.684	1.809	0.0	0.210
50 %	26.40	15.0	125.0	1.369	0.440	2.102	0.029	0.230
10 %	25.92	12.0	120.0	1.271	0.489	2.200	0.029	0.271
\bar{x}	24.92	12.50	116.33	1.15	1.58	2.37	0.08	0.19
S	0.92	4.70	6.59	0.76	0.89	0.65	0.04	0.19
Mínimo	23.52	5.0	104.0	0.440	0.440	1.173	0.0	0.0
Máximo	26.40	21.0	125.0	3.42	3.42	3.81	0.11	0.53

No. de Estación % de iluminación	Intervalo de incubación hr	Amoníaco μ g.et/l	Oxígeno inicial ml. O ₂ /l	Oxígeno botella oscura ml. O ₂ /l	Oxígeno botella clara ml. O ₂ /l	Salinidad ‰	Temperatura °C
Estación 1							
100 %	4.00	0.504	3.7	4.21	4.10	29.0	25
50 %	3.12	0.0	3.64	3.99	3.87	31.2	25
10 %	3.0	0.962	3.87	3.87	3.47	31.0	23
Estación 2							
100 %	3.08	0.0	3.53		3.59	33.0	25
50 %	3.30	1.924	5.13		3.19	32.0	25
10 %	3.55	0.0	3.42		2.62	34.0	24
Estación 3							
100 %		0.275	3.70			33.5	26
50 %		3.206	3.42			32.0	25
10 %		1.099	3.70			31.0	24
Estación 4							
100 %	2.0	0.0	3.99			32.0	26
50 %	2.08	0.0	4.16			32.0	25
10 %	2.25	3.252	3.76			32.0	23
\bar{x}	2.93	0.94	3.84	4.02	3.47	31.89	24.66
S	0.69	1.23	0.46	0.17	0.53	1.30	0.98
Mínimo	2.0	0.0	3.42	3.87	2.62	29.0	23.0
Máximo	4.0	3.25	5.13	4.21	4.10	34.0	26.0

Denota valores perdidos

Tabla B. Parámetros físicoquímicos obtenidos para Octubre de 1980

No. de Estación % de Iluminación	Alcalinidad de CaCO ₃ mg/l	Alcalinidad a la fenolftaleína mg/l	Alcalinidad total mg/l	Fósforo disuelto orgánico mg. et/l	Ortofosfatos mg. et/l	Fósforo total mg. et/l	Nitritos mg. et/l	Nitratos mg. et/l
Estación 1								
100 %	24.24	17.0	118.0	0.0	4.765	5.839	0.093	0.0
50 %	22.80	17.0	112.0	1.342	1.946	3.691	0.112	0.144
10 %	24.72	18.0	121.0	1.074	1.544	3.960	0.037	3.681
Estación 2								
100 %	20.16	31.0	115.0	0.671	2.081	4.631	0.112	0.0
50 %	21.36	21.0	110.0	0.940	1.409	3.423	0.075	0.0
10 %	24.24	15.0	116.0	0.805	2.483	4.228	0.299	1.584
Estación 3								
100 %	21.12	22.0	110.0	2.148	3.960	4.362	0.149	1.402
50 %	22.22	23.4	116.0	0.805	3.289	3.960	0.224	0.0
10 %	22.75	22.2	117.0	1.477	0.872	3.825	0.149	0.144
\bar{x}	22.62	20.73	115.0	1.03	2.48	4.21	0.14	0.77
S	1.57	4.80	3.71	0.59	1.28	0.71	0.079	1.25
Mínimo	20.16	15.0	110.0	0.0	0.87	3.42	0.037	0.0
Máximo	24.72	31.0	121.0	2.14	4.77	5.84	0.299	3.681

No. de Estación % de Iluminación	Intervalo de incubación hr	Amoníaco mg. et/l	Oxígeno inicial ml. O ₂ /l	Oxígeno botella oscura ml. O ₂ /l	Oxígeno botella clara ml. O ₂ /l	Salinidad ‰	Temperatura °C
Estación 1							
100 %	3.67	0.389	2.05	3.25	3.70	34	30
50 %	3.08	0.366	1.82	3.53	3.08	34	29
10 %	3.17	0.0	1.88	4.50	3.53	34	29
Estación 2							
100 %	2.42	0.069	2.56	2.11	2.51	34	29
50 %	3.17	0.756	2.05	1.94	2.56	35	28
10 %	3.33	0.298	1.71	2.56	2.79	34	29
Estación 3							
100 %	3.35	0.160	2.05	3.64	2.16	34.5	29
50 %	3.30	0.115	2.96	1.88	4.67	34	29
10 %	3.17	0.092	2.90	1.94	4.39	35	28
\bar{x}	3.18	0.25	2.22	2.82	3.26	33.72	28.89
S	0.33	0.23	0.46	0.95	0.86	1.82	0.60
Mínimo	2.42	0.0	1.71	1.94	2.16	29.0	28.0
Máximo	3.67	0.756	2.96	3.64	4.67	35.0	30.0

* Denota valores perdidos

Tabla 9. Parámetros físicoquímicos obtenidos para Febrero de 1981

No. de Estación % de iluminación	Alcalinidad de CaCO_3 mg/l	Alcalinidad a la fenoftaleína mg/l	Alcalinidad total mg/l	Fósforo disuelto orgánico $\mu\text{g. et/l}$	Ortofosfatos $\mu\text{g. et/l}$	Fósforo total $\mu\text{g. et/l}$	Nitritos $\mu\text{g. et/l}$	Nitrosos $\mu\text{g. et/l}$
Estación 1								
100 %	22.32	11.0	104.0	4.343	1.143		0.037	0.192
50 %	22.80	9.0	104.0	1.543	1.086		0.037	0.173
10 %	24.00	11.0	111.0	1.314	1.771		0.168	0.421
Estación 2								
100 %	23.04	10.0	106.0	0.514	0.571		0.448	5.345
50 %	23.52	9.0	107.0	0.629	0.286		0.168	0.860
10 %	22.56	13.0	107.0	0.800	0.571		0.224	0.154
Estación 3								
100 %	22.46	12.4	106.0	1.20	0.914		0.187	0.001
50 %	21.60	10.0	103.0	0.343	0.800		0.187	3.437
10 %	23.52	9.0	107.0	1.486	0.629		0.187	0.955
\bar{x}	22.87	10.49	105.78	1.35	0.86		0.182	1.281
S	0.74	1.48	2.99	1.20	0.44		0.12	1.85
Mínimo	21.60	9.0	100.0	0.34	0.29		0.037	0.001
Máximo	24.00	13.0	111.0	4.34	1.77		0.448	1.282

No. de Estación % de iluminación	Intervalo de incubación hr	Amoníaco $\mu\text{g. et/l}$	Oxígeno inicial $\text{ml. O}_2/\text{l}$	Oxígeno botella oscura $\text{ml. O}_2/\text{l}$	Oxígeno botella clara $\text{ml. O}_2/\text{l}$	Salinidad ‰	Temperatura °C
Estación 1							
100 %	2.75	0.0	4.39	4.33	4.33	30.1	24
50 %	2.82	0.0	5.35	4.44	4.44	31.0	24
10 %	3.65	0.39	4.44	4.50	4.61	31.0	24
Estación 2							
100 %	4.23	0.0	4.33	4.33	5.98	32.0	23
50 %	3.88	0.0	4.33	4.33	4.44	32.0	24
10 %	4.07	0.0	4.50	3.87	3.08	32.0	24
Estación 3							
100 %	2.57	0.0	4.56	5.35	4.67	30.0	24
50 %	3.30	0.097	4.21	4.56	4.33	31.0	24
10 %	3.62	0.0	6.95	4.39	4.73	30.0	24
\bar{x}	3.43	0.05	4.78	4.46	4.51	31.0	23.89
S	0.60	0.13	0.88	0.34	0.74	0.87	0.33
Mínimo	2.57	0.0	4.21	4.33	3.08	30.0	23.0
Máximo	4.23	0.39	6.95	5.35	5.98	32.0	24.0

Denota valores perdidos

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos obtenidos para Mayo de 1981

No. de Estación % de Iluminación	Alcalini- dad de CaCO ₃ mg/l	Alcalini- dad a la fenoftalei- na mg/l	Alcalini- dad total mg/l	Fósforo disuelto orgánico µg. et/l	Ortofosfa- tos µg. et/l	Fósforo total µg. et/l	Nitritos µg. et/l	Nitros µg. et/l
Estación 1								
100 %	22.08	10.0	102.0	0.278	0.147	0.212	0.110	0.275
50 %	21.84	11.0	102.0	0.278	0.114	0.261	0.074	0.126
10 %	21.84	13.0	104.0	0.180	0.118	0.278	0.015	0.043
Estación 2								
100 %	22.80	11.0	106.0	0.147	0.163	0.0	0.0	0.109
50 %	23.28	8.0	105.0	0.065	0.229	0.310	0.0	0.109
10 %	23.52	13.0	111.0	0.098	0.229	0.0	0.0	0.043
Estación 3								
100 %	20.64	12.0	98.0	0.329	0.098	0.180	0.022	0.076
50 %	20.88	13.0	100.0	0.196	0.131	0.245	0.059	0.076
10 %	22.08	11.0	103.0	0.131	0.196	0.555	0.103	0.325
\bar{x}	22.10	11.33	103.44	0.19	0.16	0.23	0.04	0.13
s	0.98	1.66	3.74	0.089	0.04	0.17	0.04	0.10
Mínimo	20.64	8.0	98.0	0.06	0.098	0.0	0.0	0.04
Máximo	23.52	13.0	111.0	0.329	0.229	0.55	0.11	0.325

No. de Estación % de Iluminación	Intervalo de incuba- ción hr	Amoniaco µg. et/l	Oxígeno inicial ml. O ₂ /l	Oxígeno botella oscura ml. O ₂ /l	Oxígeno botella clara ml. O ₂ /l	Salinidad ‰	Temperatura °C
Estación 1							
100 %	3.03	0.0	4.44	5.41	3.30	32.0	27
50 %	3.28	0.0	5.64	5.81	5.30	32.0	27
10 %	4.18	0.0	4.27	5.92	5.64	32.0	26
Estación 2							
100 %	2.83	0.0	3.82	4.56	3.87	33.0	27
50 %	2.97	0.0	3.93	4.21	3.93	33.0	27
10 %	3.38	0.0	3.70	4.33	4.33	32.0	26
Estación 3							
100 %	3.42	0.0	5.30	5.58	5.18	32.0	27
50 %	3.70	0.0	6.25	5.81	5.70	32.0	27
10 %	3.88	0.0	5.58	6.83	4.90	32.0	27
\bar{x}	3.40	0.0	4.77	5.38	4.68	32.2	26.78
s	0.44	0.0	0.93	0.86	0.86	0.44	0.44
Mínimo	2.83	0.0	3.70	4.21	3.30	32.0	26.0
Máximo	4.18	0.0	6.25	6.83	5.70	33.0	27.0

Denote valores perdidos

CORRELACION MULTIPLE PARA LA PRODUCTIVIDAD POR C14

VARIABLES INDEPENDIENTES	r MÚLTIPLE	r CUADRADA	r SIMPLE	B
Fosforo Total	0.59507	0.35411	-0.59507	0.625990
Alcalinidad Total	0.61536	0.37867	-0.58685	-0.91151
Fósforo Disuelto Orgánico	0.63566	0.40407	-0.45284	-4.05068
Oxígeno	0.66461	0.44171	0.505980	-1.55146
Amoniaco	0.72902	0.53147	-0.41936	-2.64740
Profundidad	0.76603	0.58680	-0.05188	0.606310
Intervalo de Incubación	0.77198	0.59595	0.111350	-5.38903
Ortofosfatos	0.80369	0.64592	-0.53930	2.998330
Temperatura	0.80809	0.65301	-0.54915	-1.67171
Nitratos	0.82070	0.67356	-0.22298	0.233380
Salinidad	0.82248	0.67648	-0.26523	-0.47706
Nitritos	0.82585	0.68203	-0.33157	3.133550
Constante				179.7934

CORRELACION MULTIPLE PARA LA EXCRECION

VARIABLES INDEPENDIENTES	r MÚLTIPLE	r CUADRADA	r SIMPLE	B
Intervalo de Incubación	0.54243	0.29423	0.54243	-1.86274
Temperatura	0.64665	0.41816	-0.49292	-4.03849
Fósforo Total	0.68028	0.44279	-0.38694	3.178290
Amoniaco	0.70052	0.49073	-0.26694	-8.54202
Alcalinidad Total	0.71792	0.51541	-0.36913	-0.91346
Profundidad	0.74771	0.55907	0.313900	0.828290
Nitratos	0.77143	0.59511	-0.18636	-0.71430
Oxígeno	0.78390	0.61450	0.378270	-1.25006
Fósforo Disuelto Orgánico	0.80342	0.64548	-0.28301	-2.84987
Ortofosfatos	0.81111	0.65789	-0.35610	2.093060
Nitritos	0.81814	0.66935	-0.29814	-5.82294
Constante				213.54889

CORRELACION MULTIPLE PARA LA PRODUCCION NETA

VARIABLES INDEPENDIENTES	r MÚLTIPLE	r CUADRADA	r SIMPLE	B
Alcalinidad Total	0.75272	0.56658	0.75272	16.01979
Intervalo de Incubación	0.82405	0.67906	0.12526	163.3758
Profundidad	0.84130	0.70779	0.49819	1.085560
Nitritos	0.85527	0.73148	0.35850	-38.4125
Oxígeno	0.87024	0.75732	-0.6672	-25.8161
Nitratos	0.87556	0.76661	0.22402	-236.336
Fósforo Disuelto Orgánico	0.88037	0.77506	0.32458	55.13268
Amoniaco	0.88332	0.78026	0.35447	-81.08158
Temperatura	0.88802	0.78858	0.50079	92.604250
Fósforo Total	0.90649	0.82172	0.58269	-47.26029
Ortofosfatos	0.91061	0.82920	0.52141	-46.72654
Salinidad	0.91219	0.83209	0.08537	12.490210
Constante				-4966.7995

Tabla 11. Regresión Múltiple para la Productividad por C14, O2 y Excreción

creción (Tabla 11), fué de -0.36913 la cual bajo las mismas condiciones que la r anterior, se encontró por debajo de la tabulada, mostrando de esta forma una ausencia de correlación con la Alc. Tot. Al efectuar la correlación con la producción neta (Tabla 11), se obtuvo un valor de $r=0.75272$, valor que al compararlo con la r tabulada, se encontró por arriba del tabulado, por lo cual podemos establecer una relación directa entre ellos.

La concentración promedio de FBO obtenida para mayo de 1980 (Tabla 7) fué de $1.15 \mu\text{s.at/l}$, con un máximo de $3.42 \mu\text{s.at/l}$ obtenido para la estación 3 al 50 % de iluminación y un mínimo de $0.44 \mu\text{s.at/l}$ en la estación 1 al 100 % de iluminación. En octubre de 1980 (Tabla 8), el promedio fue ligeramente menor al anterior, $1.03 \mu\text{s.at/l}$, registrándose el máximo $2.14 \mu\text{s.at/l}$ en la misma estación 3 pero ahora al 100 % de iluminación y el mínimo $0.671 \mu\text{s.at/l}$ en la estación 2 al 100 % de iluminación. En febrero de 1981 (Tabla 9), el promedio permaneció más o menos semejante, $1.35 \mu\text{s.at/l}$; sin embargo, ahora el valor máximo obtenido fué de $4.34 \mu\text{s.at/l}$, encontrado en la estación 1, al 100 % de iluminación, el mínimo se obtuvo en la estación 3 al 50 % de iluminación con $0.34 \mu\text{s.at/l}$. Finalmente en mayo de 1981 (Tabla 10) se registraron las concentraciones mínimas; el promedio fué de $0.19 \mu\text{s.at/l}$, el máximo 0.327 en la estación 3 con 100 % de iluminación y el mínimo de $0.06 \mu\text{s.at/l}$, en la estación 2 con 50 % de iluminación.

Se observa una tendencia entre los valores máximos de FBO, a agruparse en la estación 3 tanto al 100 como al 50 % de iluminación. Los mínimos por otro lado, no se presentan en alguna estación

en particular, sino preferencialmente en los dos primeros niveles de muestreo (50 y 100 % de iluminación).

El comportamiento promedio de la concentración de FDO (Fig 5), fué más o menos constante durante los tres primeros muestreos (1.03 a 1.35 $\mu\text{s.at/l}$) y disminuye a valores poco significativos en mayo de 1981.

En cuanto a la correlación entre la productividad por C_{14} , la excreción y la producción neta con el fósforo disuelto orgánico (Tabla 11), los coeficientes obtenidos indican que este parámetro no tiene influencia.

b) Ortofosfatos (PO_4) y Fósforo Total (FT)

La concentración obtenida para el PO_4 en mayo de 1980 (Tabla 7), osciló desde 3.42 $\mu\text{s.at/l}$, para la estación 3 al 50 % de iluminación, hasta 0.440 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 4 al mismo porcentaje de iluminación. El valor promedio obtenido en este muestreo fué de 1.58 $\mu\text{s.at/l}$. En octubre de 1980, el promedio fué de 2.48 $\mu\text{s.at/l}$ el cual resultó ser el promedio más alto obtenido en los muestreos; el máximo fué de 4.77 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 1 al 100 % de iluminación y de 0.87 $\mu\text{s.at/l}$ como mínimo para la estación 3 al 10 % de iluminación.

Para febrero de 1981 (Tabla 9), todos los valores de PO_4 obtenidos disminuyeron con respecto a los del muestreo anterior, el promedio fue de 0.86 $\mu\text{s.at/l}$ con un máximo de 1.77 $\mu\text{s.at/l}$ para la estación 1 al 10 % de iluminación y un mínimo de 0.29 $\mu\text{s.at/l}$ en la

estación 2 al 50 % de iluminación. Durante mayo de 1981 se obtienen los valores mínimos de todos los muestreos, el promedio fué de 0.16 $\mu\text{s.at/l}$ con un intervalo entre 0.229 $\mu\text{s.at/l}$ para la estación 2 al 50 y 10 % de iluminación y 0.098 $\mu\text{s.at/l}$ para la estación 3 al 100 % de iluminación.

Las concentraciones obtenidas para ortofosfatos manifiestan una tendencia a disminuir con el aumento en la profundidad. Los valores mínimos se obtuvieron generalmente entre los 9 y 18 metros.

En la Fig 5 se representa el comportamiento promedio de los ortofosfatos a lo largo de los muestreos. Dicho comportamiento sigue una distribución más o menos regular en los meses de mayo y octubre de 1980, disminuyó ligeramente en febrero y para mayo de 1981, las concentraciones fueron más bajas.

La correlación obtenida entre la productividad por C14 y los ortofosfatos (Tabla 11) fue significativa. La relación entre la excreción y los ortofosfatos fué de -0.3561, la cual se sitúa por debajo de la r tabulada. Al obtener la correlación entre la producción neta y los ortofosfatos se obtuvo un valor de 0.52141 el cual resultó significativo.

La relación obtenida entre la productividad por C14 y PO_4 muestra una función de tipo inversa en la cual se presenta un aumento de PO_4 con una disminución de la productividad. Por el contrario, la relación que se establece entre la producción neta y el PO_4 es una función positiva en la cual al aumentar uno el otro también aumenta.

El FT sigue un comportamiento algo similar al de los ortofosfatos. En mayo de 1980 (Tabla 7), el promedio fué de 2.37 con un máximo de 3.81 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 2 al 50 % y un mínimo de 1.173 $\mu\text{s.at/l}$ para la estación 3 al 50 %. En octubre de 1980 (Tabla 8), se presenta un marcado incremento en los valores, alcanzando un promedio de 4.21 $\mu\text{s.at/l}$, con un máximo de 5.84 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 1 al 100 % y un mínimo de 3.42 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 2, al mismo porcentaje de iluminación del muestreo anterior. Para febrero de 1981, no se registraron valores de FT debido a la pérdida de las muestras. En mayo de 1981 (Tabla 10), se encontraron las concentraciones más bajas de las registradas; el promedio obtenido fue de 0.23 $\mu\text{s.at/l}$, el máximo de 0.55 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 3 al 10 % y el mínimo de 0.18 $\mu\text{s.at/l}$ para la estación 3 al 100 % de iluminación.

El comportamiento promedio del fósforo total sigue una distribución muy similar a la de los ortofosfatos (Fig 5). Los máximos para FT se presentan en octubre de 1980 con valores más pequeños hacia mayo de 1980 y mayo de 1981, por otro lado parece que todo el fósforo total fué PO_4 ya que se presentan en aproximadamente las mismas concentraciones.

En la Tabla 11 se presentan los coeficientes de correlación, obtenido entre la productividad por C14 y el FT, así como entre la excreción y el FT. Para el primer caso, el valor de r fué igual a -0.59507 y mayor de la r tabulada. Esta comparación permite definir una relación inversa, con un 99.95 % de confiabilidad, entre la productividad por C14 y el FT. Para la excreción y el FT no se en-

contró correlación. En cambio para la producción neta y el FT, el coeficiente obtenido fué de 0.58269, por lo que podemos establecer una relación de tipo directa .

La relación entre la productividad por C14 y el FT es una función de tipo inversa, que sigue el mismo comportamiento que se establece entre la productividad por C14 y los ortofosfatos. Para la producción neta y el FT, nuevamente como en la relación obtenida entre la producción neta y el PO₄, se presentó una relación de tipo directa. En cuanto al coeficiente entre el FT y la excreción parece no tener ninguna relación.

c) Nitritos (NO₂) y Nitratos (NO₃)

Las concentraciones obtenidas para los NO₂ en mayo de 1980 (Tabla 7) oscilaron entre un máximo de 0.11 $\mu\text{s.at/l}$, tanto en la estación 2 al 10 % de iluminación como en la estación 3 al 50 % de iluminación a un mínimo de 0.020 $\mu\text{s.at/l}$ para la estación 1 al 50 % de iluminación; el promedio obtenido fué de 0.06 $\mu\text{s.at/l}$. Para octubre de 1980 (Tabla 8), todos los valores aumentaron; el promedio fué de 0.14 con un máximo de 0.299 $\mu\text{s.at/l}$ (estación 2, 10 %) y un mínimo de 0.037 $\mu\text{s.at/l}$ para la estación 1 al 10 % de iluminación.

En febrero de 1981 (Tabla 9), el promedio aumentó ligeramente, 0.182 $\mu\text{s.at/l}$ con un máximo de 0.448 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 2 al 100 % y el mínimo de 0.037 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 1 tanto al 100 como al 50 % de iluminación . Los resultados obtenidos en mayo de 1981 (Tabla 10) muestran las concentraciones más bajas; el promedio fué de 0.04 $\mu\text{s.at/l}$ con un intervalo entre 0.015 $\mu\text{s.at/l}$ obtenido

en la estación 1 al 10 % de iluminación y 0.011 $\mu\text{s.at/l}$ (cercano al límite de seguridad del método) para la estación 1 al 100 % de iluminación.

Los valores mínimos para NO_2 fueron encontrados siempre en la estación 1 a diferentes porcentajes de iluminación, mientras que, en general, los máximos se registraron para la estación 2 a diferentes porcentajes de iluminación. Aparentemente, es posible observar una curva para los NO_2 en los meses de muestreo. En mayo de 1980 y mayo de 1981 se presentan los valores más bajos con altos valores en octubre de 1980 y febrero de 1981.

Cuando se calcularon los coeficientes de correlación con los NO_2 (Tabla 11), se encontraron por debajo del límite; lo cual indica una falta de relación que explique el comportamiento de la productividad, excreción y producción neta en función de los NO_2 .

Los NO_3 para mayo de 1980 (Tabla 7) presentan un máximo de 0.53 $\mu\text{s.at/l}$ para la estación 2 al 100 % de iluminación y un mínimo de 0.004 $\mu\text{s.at/l}$ nuevamente en la misma estación pero al 10 % de iluminación, el promedio fué de 0.19 $\mu\text{s.at/l}$. En octubre de 1980 (Tabla 8), el promedio fué de 0.77 $\mu\text{s.at/l}$ con un intervalo entre 3.681 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 1 al 10 % de iluminación y 0.144 $\mu\text{s.at/l}$ (estación 1 y 3 al 50 y 10 % de iluminación respectivamente).

Para febrero de 1980 (Tabla 9), el promedio fué de 1.28 $\mu\text{s.at/l}$ con un máximo de 5.34 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 2 al 100 % de iluminación y un mínimo de 0.001 $\mu\text{s.at/l}$ en la estación 3 al 100 %

de iluminación. En mayo de 1981 (Tabla 10), los valores nuevamente disminuyeron; 0.13 $\mu\text{s.at/l}$ como promedio y mínimo de 0.04 (estación 2, 10 %) con 0.325 $\mu\text{s.at/l}$ como máximo (estación 3 al 10 %).

Los valores mínimos se obtuvieron en diferentes estaciones, pero por lo general entre los 9 y 18 metros. Los máximos se obtuvieron siempre, aproximadamente a los 18 metros, pero en diferentes estaciones.

En la Fig 5 se muestra el comportamiento de los NO_3 , que es muy similar al de los NO_2 y en parte al de los FO_4 y FT .

La correlación obtenida entre los NO_3 y la productividad por C14 la excreción y la producción neta se encuentran por debajo de la r tabulada, lo cual indica la poca dependencia de la productividad, excreción y producción neta de la concentración de NO_3 .

El coeficiente de correlación ' r ' entre NO_3 y productividad por C14, NO_3 y excreción así como entre NO_3 y producción neta, mostraron muy poca relación lo cual posiblemente indique una función entre ellos de una forma diferente a la lineal.

El nitrógeno total, referido como N de NO_2 + N de NO_3 no presentó relación alguna con la productividad y la excreción.

d) Amoniaco (NH_4) y Oxígeno (O_2)

Los valores promedio para NH_4 en los cuatro muestreos oscilaron entre 0.94 y 0.05 $\mu\text{s.at/l}$, para mayo de 1980 (Tabla 7), se obtuvo la concentración más alta de todos los meses, con 3.25

$\mu\text{s.at/l}$ en la estación 4 al 10 % de iluminación, la mínima correspondió para la estación 3 con $0.275 \mu\text{s.at/l}$ al 100 %. Una situación que salta a la vista, es que hay ciertos niveles en los cuales no se detectó concentración de NH_4 , motivo por el cual bajó el promedio significativamente a $0.94 \mu\text{s.at/l}$. En octubre de 1980 (Tabla 8), las concentraciones obtenidas disminuyeron con respecto al muestreo anterior, el promedio obtenido fue de $0.25 \mu\text{s.at/l}$, con un máximo de $0.754 \mu\text{s.at/l}$ para la estación 2 al 50 % y un mínimo de 0.069 para la misma estación pero al 100 % de iluminación.

En febrero de 1981 (Tabla 9), el promedio disminuyó hasta $0.05 \mu\text{s.at/l}$, con concentraciones de cero en la mayoría de las estaciones y en los tres niveles de iluminación, con dos únicas excepciones para la estación 1 al 10 % con 0.39 y la estación 3 al 50 % con $0.097 \mu\text{s.at/l}$, cifras que no ofrecen una confiabilidad aceptable (por los límites de la técnica). Así mismo, las concentraciones de NH_4 en mayo de 1981 (Tabla 10) no mostraron ningún valor arriba de cero.

El coeficiente de correlación simple obtenido entre la productividad por C^{14} y el NH_4 fue de -0.41936 y el obtenido entre la excreción y el NH_4 fue de -0.26694 (Tabla 11), para la producción neta y el NH_4 el coeficiente fue de 0.35447 . Estos coeficientes con 16 grados de libertad y un $\alpha=0.05$ se encuentran por debajo de la tabulada, por lo que no se presenta una relación aceptable entre ellas. Esto indica que este parámetro no influye en la fotosíntesis, ni que pueda ser considerado en un modelo de predicción lineal.

La concentración promedio de O_2 para los meses de muestreo varió de 1.71 a 6.25 ml/lt, valores comunmente reportados para este ambiente (Fraga, 1967).

Para mayo de 1980 (Tabla 7) no se presentaron variaciones muy notables. El valor promedio fue de 3.84, con un máximo de 5.13 en la estación 2 al 50 % de iluminación y un mínimo de 3.42 ml/lt en la estación 2 al 10 %. En la Tabla 8, se muestran los valores para octubre de 1980, el promedio fue de 2.22 con un máximo de 2.96 ml/lt en la estación 3 al 50 % y un mínimo de 1.71 ml/lt en la estación 2 al 10 % ; coincidentemente las productividades más bajas de C14 y más altas respiraciones fueron registradas durante este mes.

Para febrero de 1981 (Tabla 9), el promedio aumentó a 4.78, así como el máximo y mínimo a 6.95 y 4.21 ml/lt respectivamente (máximo en la estación 3 al 10 % de iluminación y mínimo para la estación 3 al 50 %). Durante mayo de 1981 (Tabla 10), el promedio fue de 4.77 con un máximo de 6.25 (estación 3 al 50 %) y un mínimo de 3.70 ml/lt (estación 2 al 10 %).

El coeficiente de correlación entre la productividad por C14 y el O_2 , señaló un valor de 0.50598, entre excreción y O_2 de 0.37827 y para la producción neta y el O_2 , esta fue de -0.6672, estos coeficientes obtenidos fueron comparados con la r tabulada. Para el caso de la productividad por C14 el coeficiente fue significativo y directo, mientras que para la producción neta esta resultó

ser significativa pero inversa; por otro lado la relación obtenida para la excreción no fue significativa. Tomando en consideración los valores obtenidos, es posible observar que dichos promedios parecen seguir la curva de productividad para mares templados, según los datos de otros autores (Riley y Chester, 1971).

La influencia del O_2 sobre la productividad por ambos métodos es significativa, sin embargo en la técnica por C14 esta es directa y para la de O_2 fue inversa. La excreción no se ve influida por las concentraciones de O_2 .

e) Salinidad (S %) y Temperatura (T °C)

Los valores de S % (Fig 5 y Tablas 7, 8, 9 y 10) siguen un comportamiento muy regular. En mayo de 1980, el valor promedio fue de 31.89 % aumentó en octubre a 33.72 % y disminuyó a 31 en febrero de 1981, para aumentar nuevamente en mayo de 1981 a 32.2 %. Se observa que dichos valores no varían mucho entre sí (valor máximo de 35 % y mínimo de 29 %) los cuales concuerdan con los reportados por Fraga (1967).

La correlación obtenida entre la productividad por C14 y la salinidad fue de -0.26523 y para producción neta y salinidad fue de 0.08537 ambos valores, con 16 grados de libertad y $\alpha=0.05$, se encuentran por debajo de la r tabulada, por lo que no se presenta relación entre ellos.

El comportamiento de la temperatura presentó ligeras oscilaciones. En mayo de 1980, se obtuvo un valor promedio de 24.66 °C,

valor que aumentó para octubre de 1980 (28.89 °C) y descendió en febrero de 1981 (Fig 5, Tablas 7, 8, 9 y 10). Se observa (Fig 5), que las variaciones de temperatura se sitúan alrededor de los 26 °C para las fechas de trabajo; este valor está dentro de los reportados por Riley y Chester (1971).

Al efectuar la correlación entre la productividad por C14 y la T °C (Tabla 11) se obtuvo una relación inversa y significativa entre ellos. El coeficiente entre la excreción y la temperatura fue de -0.49292 la cual resultó ser significativa, con las mismas condiciones que el parámetro anterior. Para la producción neta y la temperatura, el coeficiente fue de 0.58269 el cual permite aceptar una relación directa . .

Raymont (1976) ha señalado que la fotosíntesis se ve alterada por el aumento de temperatura, hecho confirmado aquí. Asimismo, influye inversamente sobre la excreción, y sobre la producción neta, la relación es directa, lo cual quiere decir que esta se ve influenciada fundamentalmente a nivel de la respiración.

Los parámetros que tuvieron una relación más alta con la productividad por C14 fueron, en orden decreciente: fósforo total, alcalinidad total, temperatura, ortofosfatos y oxígeno. Para la productividad por oxígeno el orden varió solo un poco: alcalinidad total, oxígeno, fósforo total, temperatura y ortofosfatos.

Los coeficientes de correlación obtenidos entre la excreción y cada uno de los parámetros aquí considerados, no presentaron significancia alguna, excepto para el caso de la temperatura.

Regresión Múltiple para la Productividad y Excreción

El análisis de regresión múltiple, permite establecer la medida en que un conjunto de variables independientes, contribuyen a la explicación de otra variable dependiente. No estamos interesados tanto, en la relación entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes tomadas separadamente, sino en el poder explicativo del conjunto de variables independientes en su totalidad. Este análisis por tanto, es útil para encontrar la mejor ecuación lineal de predicción y para evaluar su eficiencia predictiva, así como para estimar la contribución de una variable o un conjunto de variables.

La predicción de los valores de productividad por C14 y excreción, se efectuó por medio del programa REGRESSION del paquete SPSS (Nie et al., 1975), el cual permite ir incorporando variable por variable y ordenándolas por orden de importancia (no se efectuó dicha predicción para la productividad por oxígeno, debido a la desviación estandar tan alta que presentaba).

a) Regresión Múltiple para la Productividad por C14

Al efectuarse la regresión múltiple para la productividad por C14, se consideraron los datos globalmente (no se consideró, el % de luminosidad, estación y/o época de muestreo, sino en su conjunto). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 11, en la cual se observa que el coeficiente de correlación múltiple cal-

culado fue de 0.8258 (con un alfa=0.05 y 16 grados de libertad) y permite una predicción muy significativa de la productividad en función de las variables consideradas (el orden de importancia seguido por cada parámetro sobre la productividad fue: FT, Alc.Tot, FDO, O₂, NH₄, profundidad (P), intervalo de incubación (Ii), PO₄, T °C, NO₃, S % y NO₂).

El valor de 'r cuadrada' que explica el porcentaje de la variabilidad total en los datos, fue de 0.6820 lo que corresponde a un 68.2 % de definición en la evaluación de la productividad por estas variables. El restante 31.80 puede ser debido a la amplia variación de factores biológicos, químicos y físicos que influyen en la productividad, así como a las restricciones de las técnicas.

La fórmula predictiva para la productividad por C14 fue la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Productividad por C14} = & 179.79 + \text{FT}(0.625) + \text{Alc.Tot}(-0.97) + \text{FDO}(-4.05) + \\ & + \text{O}_2(-1.55) + \text{NH}_4(-2.65) + \text{P}(0.60) + \text{Ii}(-5.39) + \\ & + \text{PO}_4(2.99) + \text{T } ^\circ\text{C}(-1.67) + \text{NO}_3(0.23) + \text{S } \% (-0.47) + \\ & + \text{NO}_2(3.14) \end{aligned}$$

En base a esta fórmula se realizó un cálculo de residuales estandarizados (Fig 6), el cual muestra la desviación de los datos observados de los predichos. Puede observarse que dado el alto coeficiente de correlación múltiple obtenido, los datos no se dispersan ampliamente.

b) Regresión Múltiple para la Excreción

RESIDUALES OBTENIDOS PARA LA PRODUCTIVIDAD POR C14

No.	Observado	Predicho	Residuales
1	0.701	Perdido	Perdido
2	0.787	Perdido	Perdido
3	0.247	Perdido	Perdido
4	2.260	Perdido	Perdido
5	1.635	Perdido	Perdido
6	1.346	Perdido	Perdido
7	Perdido	Perdido	Perdido
8	Perdido	Perdido	Perdido
9	Perdido	Perdido	Perdido
10	0.739	Perdido	Perdido
11	0.688	Perdido	Perdido
12	0.306	Perdido	Perdido
13	0.50 xE-2	0.4131548	-0.4081548
14	0.14 xE-1	0.5587113	-0.5447113
15	0.84 xE-1	-0.349250	0.43325030
16	0.98 xE-1	0.3919397	-0.2939397
17	* 0.44 xE-1	-0.719089	0.76308980
18	0.48 xE-1	1.2627750	-1.2147750
19	0.69 xE-1	0.846xE-1	-0.1566xE-1
20	0.26 xE-1	-1.417757	1.44375700
21	Perdido	Perdido	Perdido
22	0.893	Perdido	Perdido
23	0.878	Perdido	Perdido
24	0.920	Perdido	Perdido
25	2.293	Perdido	Perdido
26	1.949	Perdido	Perdido
27	3.233	Perdido	Perdido
28	0.779	Perdido	Perdido
29	1.342	Perdido	Perdido
30	0.782	Perdido	Perdido
31	4.660	3.3599710	1.3290
32	1.728	3.2698220	-1.541822
33	3.317	3.1557430	0.1612574
34	0.124	1.3390660	-1.215066
35	6.472	4.1716390	2.3003610
36	0.74xE-1	1.0808020	-1.006802
37	1.689	2.8823980	-1.193398
38	1.227	0.9848723	0.2421277
39	2.505	1.7145370	0.7904626

-1.5 -1.0 -0.5 0 0.5 1.0 1.5



Nota: el símbolo * xE * denota valores por 10

Fig 6. Gráfica de Residuales Estandarizados para la Productividad por C14

En forma similar al desarrollo del modelo predictivo para la productividad, ahora se calculó para la excreción, señalando una distribución en el orden de importancia de los parámetros hidrológicos, diferente a la marcada para la productividad por C14.

Para la excreción, la secuencia de las variables por orden de importancia fué: intervalo de incubación, temperatura, fósforo total, amoníaco, alcalinidad total, profundidad, nitratos, oxígeno, fósforo disuelto orgánico, ortofosfatos y nitratos.

En la tabla 11, se presenta el coeficiente de correlación múltiple obtenido (0.8181 con un alfa=0.05 y 16 grados de libertad) el cual nuevamente presenta una alta correlación entre la variable dependiente y las variables independientes. El valor de r^2 fue de 66.9 % la cual nos indica, que solamente el 23 % de la variabilidad en la excreción es debida a otros factores.

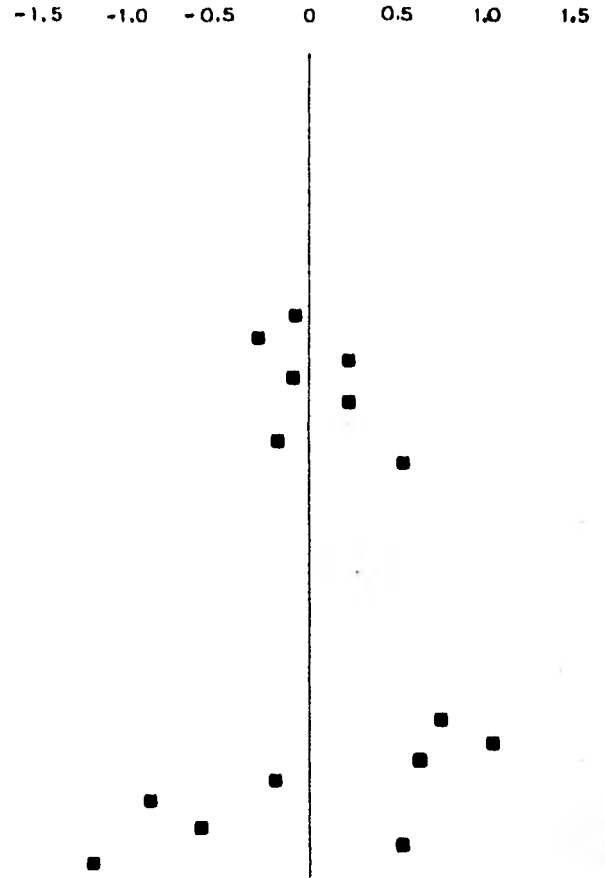
Los resultados estandarizados obtenidos (Fig 7), muestran nuevamente un agrupamiento entre una estrecha banda, alrededor de cero. Dichos residuales fueron calculados con base a la siguiente fórmula predictiva:

$$\begin{aligned} \text{Excreción} = & 2.1354 + I_i(-1.86) + T C(-4.03) + FT(3.17) + NH_4(-8.54) + \\ & + Alc.Tot(-0.91) + P(0.82) + NO_3(-0.71) + O_2(-1.25) + \\ & + PDO(-2.84) + PO_4(2.09) + NO_2(-5.82) \end{aligned}$$

Estos modelos pueden ser empleados como referencia para ambientes tropicales en los cuales la diversidad de factores en juego puede modificar su desarrollo.

RESIDUALES OBTENIDOS PARA LA EXCRECION

No.	Observado	Predicho	Residuales
1	60.60	Perdido	Perdido
2	100.7	Perdido	Perdido
3	107.4	Perdido	Perdido
4	130.6	Perdido	Perdido
5	53.90	Perdido	Perdido
6	86.50	Perdido	Perdido
7	Perdido	Perdido	Perdido
8	Perdido	Perdido	Perdido
9	Perdido	Perdido	Perdido
10	11.0	Perdido	Perdido
11	6.70	Perdido	Perdido
12	0.00	Perdido	Perdido
13	0.00	0.2880501	-0.2880501
14	0.00	0.8371374	-0.8371374
15	0.00	-0.511715	0.51171540
16	0.00	0.3425314	-0.3425314
17	0.00	-0.494805	0.49480580
18	0.00	0.937xE-1	-0.937xE-1
19	0.00	0.5416588	-0.5416588
20	0.00	-1.587813	1.58781300
21	Perdido	Perdido	Perdido
22	0.00	Perdido	Perdido
23	0.00	Perdido	Perdido
24	0.00	Perdido	Perdido
25	0.00	Perdido	Perdido
26	0.00	Perdido	Perdido
27	0.00	Perdido	Perdido
28	0.00	Perdido	Perdido
29	0.00	Perdido	Perdido
30	0.00	Perdido	Perdido
31	0.00	-0.914xE-1	0.9140xE-1
32	5.10	2.90114900	2.19885100
33	12.6	9.37216200	3.22783800
34	0.00	-2.1055450	2.10554500
35	2.10	2.66573500	-0.5657353
36	0.00	3.02821700	-3.0282170
37	0.00	2.07158700	-2.0715870
38	3.40	1.86809100	1.53190900
39	0.00	3.98124500	-3.9812450



Nota: el símbolo ' xE ' denota valores por 10

Fig 7. Grafica de Residuales Estandarizados para la Excrecion

CONCLUSIONES

- 1) La medida de la productividad por C^{14} , no se vió afectada por la presión de filtrado a la que se sometió la muestra de plancton (0.2 y 0.3 kg/cm^2); por lo que se considera que el intervalo de presión utilizado es adecuado.
- 2) Las cifras mínima y máxima de productividad (0.048 $mgC/m^3/hr$ para octubre de 1980 y 7.60 $mgC/m^3/hr$ en mayo de 1981) concuerdan con los resultados obtenidos por otros autores para aguas tropicales del Pacífico Mexicano.
- 3) La productividad promedio (44.01 $gC/m^2/año$) por unidad de superficie, se encontró inferior a los valores reportados para la zona, y corresponde con altos valores de excreción registrados; definiendo la zona como poco productiva.
- 4) La falta de relación entre la productividad y la excreción, no permite obtener una relación entre la productividad y la Productividad Global.
- 5) Se registró una amplia variación en el porcentaje de excreción (0.0 a 99.77 %). El promedio de los cuatro muestreos fue de 29.37 % por tanto no considerar los valores de excreción, provoca una seria subestimaciones de la productividad en la zona de estudio.
- 6) No se encontró ninguna relación entre el método de C^{14} y O_2 de-

bido a la amplia variación de este último.

7) Se encontró una relación significativa entre la productividad por C14 y fósforo total ($r=-0.59507$), alcalinidad total ($r=-0.58685$), oxígeno ($r=0.50598$), ortofosfatos ($r=-0.5393$) y temperatura ($r=-0.54915$).

8) La relación entre la producción neta y la alcalinidad total ($r=0.75272$), profundidad ($r=0.49819$), temperatura ($r=0.50079$), fósforo total ($r=0.58269$) y ortofosfatos ($r=0.52141$) fueron positivas, mientras que la relación obtenida entre la producción neta y el oxígeno fue negativa ($r=-0.6672$).

9) La excreción señaló sólo una relación inversa y significativa con la temperatura ($r=-0.49297$).

10) Se obtuvieron fórmulas predictivas para la productividad por C14 así como para la excreción, las cuales mostraron altos niveles de significancia (68.20 y 46.9 % respectivamente) de la definición total de la variable dependiente.

LITERATURA CITADA

- Anderson, G.C. y R.F. Zeutschel, 1970. Release of dissolved organic matter by marine phytoplankton in Coastal and Offshore areas of the northeast Pacific Ocean. *Limnol. and Oceanogr.* 15: 402-497
- Anónimo-a. Information and instruction the material. The International Agency for ¹⁴C determination, Measurements of Primary production in the sea, Charlottenlund Slot, Charlottenlund, Denmark:1-5
- Anónimo-b. How to prepare samples for liquid scintillation counting. Nuclear-Chicago Technical, Bulletin No. 11: 45-47
- Anónimo-c. Measurements of primary production. Information and Instruction. ¹⁴C Agency.: 1-5
- Antia, N.J., C.D. McAllister, T.R. Parsons, K. Stephens y J.D.H. Strickland, 1963. Further measurements of primary production using a large-volume plastic sphere. *Limnol. and Oceanogr.* 8: 166-183
- APHA, AWWA, WPCF, 1963. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho., 11 ed., edit. Interamericana, México.: 43-47

- Arthur C.R. & F.H. Rigler, 1967. A possible source of error in the ^{14}C method of measuring primary productivity. *Limnol. and Oceanogr.* 12: 211-214
- Baez, P.A., I.Fosas, et al., 1977. Determinación de las condiciones actuales de la bahía del Comandante en base a la relación entre parámetros fisicoquímicos y comunidades bióticas. Trabajo de Biología de Campo, Mimeografiado. Facultad de Ciencias UNAM.: 73 p.
- Barnett, A.M. & J. Hirota, 1967. Changes in the apparent rate of ^{14}C uptake with length of incubation period in natural phytoplankton populations. *Limnol. and Oceanogr.* 12(2): 349-353
- Bennett, E.R. & M.D. Schaefer, 1960. Studies of physical, chemical, and biological oceanography in the vicinity of the Revillagigedo Islands during the 'Island Current Survey' of 1957. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin 4(5): 259-317
- Berman, T. & O. Halm-Hansen, 1974. Release of photoassimilated carbon as dissolved organic matter by marine phytoplankton. *Marine Biology* 28: 305-310
- Boudier, P., 1976. Marine plankton ecology. North-Holland Pu.Co. Amsterdam Oxford, 122-135
- Carlberg, S.R., 1972. New Baltic Manual, with methods for sampling and analyses of physical, chemical and biologic

- parameters. International Council for the Exploration of the sea. Charlottenlund Slot, DK-2920, Charlottenlund Denmark.: 145 p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional, 1974. Fotografías aéreas de la Isla Isabel, escala 1:50000, 10B Br-418, 3-B y 2-B I.
- Eppley, R.W., E.H. Rensler y W.G. Harrison., 1979-a. Nitrate and phytoplankton production in southern California coastal waters. *Limnol. and Oceanogr.* 24(3): 483-494.
- Eppley, R.W., E.H. Rensler, W.G. Harrison y J.J. Cullen., 1979-b. Ammonium distribution in southern California coastal waters and its role in the growth of phytoplankton. *Limnol. and Oceanogr.* 24(3): 483-494.
- Fernández, M.Á., A. Ruiz López, et al., 1976. Algunos aspectos ecológicos de la Isla Isabel, Nayarit. Trabajo de Biología de Campo realizado de enero a Junio de 1976. Mimeografiado, Facultad de Ciencias UNAM.: 117 p.
- Fernández, F.B., L.B. Nee y E.F. Mandelli, 1979. Técnica para la determinación de la Producción orgánica primaria en aguas de alta turbidez: nota científica. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Auton. México*, 6(2): 67-70.
- Fogg, G.E., C. Nalewajko y W.D. Watt, 1965. Extracellular products of phytoplankton photosynthesis. *Proceedings of the Royal Society, B*, vol. 162: 517-534.

- Fogg, G.E., 1974. Extracellular products of phytoplankton in: Vollenweider, R.A. (Editor), 1974. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IEP Handbook, No.12. Blackwell Sci. Publ. Oxford, 2nd. edic.: 97-98
- Frasca, F., 1967. El agua marina, in: Ecología Marina. Fundación La Salle, ed. Bossat, Caracas, Venezuela, cap. 3: 67-99
- García, F., 1970. Los climas del Estado de Veracruz (según el sistema de clasificación de Koerner modificado por la autora). An. Inst. Biol. Univ. Nat. Auton. México, 41 Ser. Botánica (1): 3-42
- García, W.E., 1976. Disponibilidad de los nutrientes nitrogenados y fosforados en el área marina adyacente al puerto de Veracruz, Ver. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias UNAM: 49 p
- Gaviño de la Torre, G. y Z. Uribe, 1978. Algunas observaciones ecológicas en la Isla Isabel, Nayarit, con sugerencias para el establecimiento de un parque nacional. Instituto de Biología, UNAM: 117 p
- Gieskes, W.W.C., G.W. Kraay y M.A. Reens, 1979. Current 14C methods for measuring primary production: gross underestimates in oceanic waters. Netherlands Journal of Sea Research 13(1): 58-78
- Gómez-Asuirre S., 1972. Fitoplancton del Crucero Umitaka-Maru-30

(15-22 Diciembre, 1965), en las costas del Pacifico Mexicano. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, tomo XXXIII: 31-44

Guillard, R.R.L. y F.J. Wangersky, 1958. The production of extracellular carbohydrates by some marine flagellates. Limnol. and Oceanogr. 3: 449-454

Head, A., 1976. Primary production in an Estuarine Environment: a Comparison of in situ and simulated in situ 14C Techniques. Estuarine and Coastal Marine Science 4: 575-578

Hellebust, J.A., 1965. Excretion of some organic compounds by marine phytoplankton. Limnol. and Oceanogr. 10: 192-206

_____, 1967. Excretion of organic compounds by cultured and natural populations of marine phytoplankton. Estuaries AAAS Publ. 83: 361-366

Holmes, W.R., M.B. Schaefer y B.M. Shimada, 1957. Primary Production, Chlorophyll, and Zooplankton volumes in the Tropical Eastern Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bulletin 2(4): 157-169

Jordan, D.E., 1971. Comparación de los métodos de oxígeno y carbono-14 para medir la productividad primaria en las aguas litorales del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM: 46 p

- Kabanova, Yu. y L. López Baluja, 1973. Producción primaria en la región meridional del Golfo de México y cerca de la costa noroccidental de Cuba. Investigaciones Oceanológicas (en ruso), 1970, No. 20: 46-68. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Oceanología, Serie Oceanológica No. 16 : 1-34
- Kondratieva, T. y E. Sosa, 1967. Productividad primaria en las aguas cubanas. Acad. Cienc. de Cuba, Inst. Ocean. Estudios vol. 3(2): 21-44
- Kuenzler, E.J. y B.H. Ketchum, 1962. Rate of phosphorus uptake by *Chaetoceros*. Biol. Bull. 123: 134-145
- Margalef, R., 1967-a. Ritmos fluctuaciones y sucesión. in: Ecología Marina. Fundación la Salle, ed. Bossat, Caracas, Venezuela. Cap. 13: 454-491
- , 1967-b. La vida suspendida en las aguas. in: Ecología Marina. Fundación la Salle, ed. Bossat, Caracas, Venezuela. Cap. 14: 497-561
- , 1974. Ecología. 1er. ed., edit. Omega, Barcelona, España.: 951 p
- McAllister, C.D., 1961. Observations on the variation of planktonic photosynthesis with light intensity, using both the O₂ and C¹⁴ methods. Limnol. and Oceanogr. 6(4): 483-484

- McAllister, C.D., 1961. Decontamination of filters in the C14 method of measuring marine photosynthesis. *Limnol. and Oceanogr.* 6(4): 447-450
- McAllister, C.D., T.R. Parsons, K. Stephens & J.D.H. Strickland, 1961. Measurements of primary production in coastal sea water using a large-volume plastic sphere. *Limnol. and Oceanogr.* 6(3): 237-262
- McKinley, K.R., A.K. Ward & R.G. Wetzel, 1977. A method for the obtaining more precise measures of excreted organic carbon. *Limnol. and Oceanogr.* 22(3): 570-573
- Morris, I., C.M. Yentsch & C.S. Yentsch, 1971. Relationship between light carbon dioxide fixation and dark carbon dioxide fixation by marine algae. *Limnol. and Oceanogr.* 16(6): 854-858
- Morris, I., H.E. Glover & C.S. Yentsch, 1974. Products of photosynthesis by marine phytoplankton: the effect of environmental factors on the relative rates of protein synthesis. *Marine Biology* 27: 1-9
- Morris, I. & W. Skea, 1978. Products of photosynthesis in natural populations of marine phytoplankton from the Gulf of Maine. *Marine Biology* 47: 303-312
- Nalewajko, C., 1966. Photosynthesis and excretion in various planktonic algae. *Limnol. and Oceanogr.* 11: 1-10

- Nie, N.H., C. Hadlai-Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner y D.H. Bent, 1975. SPSS, Statistical Package for the Social Sciences. 2nd ed., edit. McGraw-Hill, USA: 675 p
- Olive, J.H. y J.H. Morrison, 1967. Variations in distribution of ¹⁴C in cell extracts of phytoplankton living under natural conditions. *Limnol. and Oceanogr.* 12: 383-391
- Olive, J.H., D.M. Benton y J. Kishler, 1969. Distribution of ¹⁴C in products of photosynthesis and its relationship to phytoplankton composition and rate of photosynthesis. *Ecology* 50: 380-386
- Otero, D.L.M., 1981. Ciclo anual de la Producción Primaria en la Bahía de Chamela. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM: 98 p
- Owen, R.W. y R. Zeitzschel, 1970. Phytoplankton production: seasonal change in the oceanic eastern tropical Pacific. *International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters*, vol 7(1): 32-36
- Pratt, D.M. y H. Berkson, 1959. Two sources of error in the oxygen light and dark bottle method. *Limnol. and Oceanogr.* 4(5): 328-334
- Raymont, J.E.G., 1976. Plankton and Productivity in the oceans. Pergamon Press Ltd, Great Britain, cap. VIII: 189-228
- Richards, F.A., 1971. The oxygen minimum in the eastern tropical

Pacific Ocean. Contribution 797 from the University of Washington: 1-7

Richmers A.D. y H.N. Todd., 1974. Introducción a la Estadística. 2nd. reimpression, edit. Compañía Editorial Continental, Barcelona, España: 645 p

Riley, J.P. y Chester, R., 1971. Introduction to Marine Chemistry. Academic Press, London and New York, Great Britain. 465 p

Ruiz-López, A.J., 1977. Algunos aspectos ecológicos de la Isla Isabel, Nayar. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM: 115 p

Ryther, J.H., 1954. The ratio of photosynthesis to respiration in marine plankton algae and its effects upon the measurement of productivity. Deep-Sea Research 2: 134-139

Ryther, J.H. y R.F. Vaccaro, 1954. A comparison of the oxygen and ^{14}C methods of measuring marine photosynthesis. J. Cons. Explor. Mer. 20: 25-34

-----, 1956. Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. Limnol. and Oceanogr. 1: 61-70

-----, 1956. The measurement of primary production. Limnol. and Oceanogr. 1: 72-84

-----, 1965. Comparison of the ^{14}C -technique with direct measurement of photosynthesis carbon fixation. Limnol.

- and Oceanogr. 10(3): 490-491
- Ruther, J.H., 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. Limnol. and Oceanogr.: 204-213
- _____, 1973. La productividad de materia orgánica en los océanos. in: Vetter, R.C. (Compilador) 1973, Oceanografía, edit. El Ateneo, Argentina: 205-213
- Samuel, S., N.M. Shah y G.E. Fogg, 1971. Liberation of extracellular products of photosynthesis by tropical phytoplankton. J. mar. biol. Ass. U.K. 51: 793-798
- Secretaría de Marina, 1978. Derrotero OSM-102, Costas del Océano Pacífico, América Central y Colombia. Pub. S.M. No. 102, México, D.F. H09 38, Ho 1007
- Sharp, J.H., 1977. Excretion of organic matter by marine phytoplankton: Do healthy cells do it ?. Limnol. and Oceanogr. 2: 381-399
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf, 1969. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. 1er. ed., edit. H.Blume Ediciones, Madrid, España: 832 p.
- Spencer, C.F., 1965. The Micronutrient Elements. in: Chemical Oceanography, Riley, J.F. y G. Skirrow (eds.), vol 2, Academic Press, London, cap. 11: 245-300
- Steemann Nielsen, E., 1952. The use of radio-active carbon (C14) for measuring organic production in the sea. J. Cons.

Int. Explor. Mar., 18: 117-140

Steedmann Nielsen, E., 1963. Fertility of the oceans in: Hill, M.N. (Editor) 1963. The Sea, vol. 2: 129-164. John Wiley & Sons, USA.

Strickland, J.D.H., 1966. Measuring the production of marine phytoplankton. Published by the Fisheries Research Board of Canada under the control of the Honourable the Minister of Fisheries, Bulletin No. 122: 172 p.

Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons, 1968. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. Bulletin 167: 311 p.

Suárez-Caabro, J.A., 1967. Conceptos sobre productividad primaria. Ciencia, vol. XXV (5): 149-153

Villalobos, F.A., 1981. Estudio bioceanológico de la franja sublitoral de la Isla Isabel Nayarit, México. Resúmenes del VII Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica, Acapulco Gro. México: p 156

Vollenweider, R.A. (Editor), 1974. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook, No.12. Blackwell Sci. Publ. Oxford, 2nd. edic.: 225 p.

Watt, W.D., 1966. Release of dissolved organic material from the cells of phytoplankton populations. Proceedings of the

Royal Society of London, Ser. B. 164: 521-551

- Westlake, D.F., 1965. Theoretical aspects of the comparability of productivity data. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 18 suppl.: 313-322
- Wetzel, R.G., 1964. A comparative study of the primary productivity of higher aquatic plants, periphyton and phytoplankton in a large shallow lake. Int. Revue. ges. Hydrobiol. 49 (1): 1-61
- Wetzel, R.G. y G.E. Lickens, 1979. Limnological Analyses. W.B. Saunders Co.: 198-220
- Wilcox S.M. y P.J. Davoli, 1978. Loss of ¹⁴C activity after chemical fixation of phytoplankton: Error source for autoradiography and other productivity measurements. Limnol. and Oceanogr. 23(2): 362-368
- Williams, R.B. y M.B. Murdoch, 1968. Phytoplankton in the beaufort North Carolina. Limnol. and Oceanogr.: 73-82
- Wyrski, K., 1965. Corrientes Superficiales del Océano Pacifico Oriental Tropical. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bulletin 9 (5): 270-304
- Zeitzschel, B., 1969. Primary productivity in the Gulf of California. International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters, vol 3(3): 201-207