

METODO RAPIDO
PARA LA DETERMINACION APROXIMADA
DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA
DE LAS AGUAS *

DR. HUGO J. FERRANDO **

INTRODUCCION

La medida de la producción primaria de las aguas, estudiando cuantitativamente la actividad fotosintética del fitoplancton, ha dado lugar al planteamiento de problemas diversos. No cabe duda, de que aún no se dispone del método único y absoluto, capaz de darnos una visión exacta de este importante proceso biológico en su expresión cuantitativa. Medir un fenómeno biológico, implica necesariamente, tener en cuenta una serie de factores, que por su número y calidad, escapan a su exacta valoración. Igualmente, somos de la opinión, de que un solo método cuantitativo, aisladamente considerado, no constituye garantía para la apreciación de la productividad del agua.

No obstante, en los estudios planctológicos de carácter general, es de gran importancia tener el dato de la tasa fotosintética, el que agregado a las determinaciones cualitativas de los grupos planctónicos, permite disponer de un panorama más completo del agua estudiada.

La finalidad del presente trabajo, que tiene carácter de comunicación preliminar, es la de presentar un método rápido y de máxima simplicidad, que pueda ser realizado hasta abordado de un buque pesquero, y por personas inexpertas en trabajos de laboratorio. Este hecho, tiene para nosotros mucha importancia, por cuanto permite, dentro de las limitaciones naturales, que los laboratorios costeros de modestos recursos, puedan llegar a realizar estudios más amplios.

* Presentado para su publicación el 21 de junio de 1962.

** Jefe del Departamento de Biología Marina y Pesquera (Interinc).

PRINCIPIOS DEL METODO

Basados en el clásico método de Harvey, que mediante extracción y valoración de los pigmentos solubles del fitoplancton, se mide la actividad fotosintética, hemos buscado una aceleración del proceso extractivo por la acción del calor, y una simplificación del método, eliminando la medición espectrofotométrica, la que es sustituida por la apreciación colorimétrica, utilizando la escala patrón preparada por Harvey.

METODO

a) *Obtención de la muestra*

A partir de una cantidad conocida de agua de mar, se procede a la concentración del elemento planctónico. Luego de varias pruebas, en cuanto a cantidad, llegamos a la conclusión de que la obtención de la muestra a partir de 1 litro (1.000 ml.) es la más adecuada. Con la finalidad de obtener una mayor seguridad, probamos el muestreo mediante el filtraje de 100 litros de agua, a través de una red de plancton, pero la inseguridad de retener la totalidad del elemento planctónico hasta en sus formas menores (nanoplancton), nos hizo desechar esa práctica. Una solución que podría encararse, para evitar esté inconveniente podría ser, la utilización de una bomba aspirante impelente, haciendo pasar una cantidad conocida de agua por un filtro apropiado (millipore, colodión, etc.).

En los primeros ensayos de laboratorio, se utilizó como procedimiento de concentración, la sedimentación de la muestra —previa fijación por formol— durante 24 horas, eliminación del sobrenadante por medio de sifón, y filtración del residuo por papel de filtro. Luego de 24 horas de reposo, se tiene la seguridad absoluta de poseer totalmente el elemento planctónico. Esta certeza, se comprobó mediante centrifugaciones intensivas del sobrenadante y su observación posterior al microscopio. Este procedimiento descrito, es recomendable para ser utilizado en laboratorios costeros, pero no a bordo de una embarcación.

Para el caso de una aceleración del procedimiento, y con posibilidad de ser usado a bordo, hemos utilizado con éxito, la filtración por vacío, mediante una bomba de mano, accionando sobre la tubuladura

lateral de un matraz de filtración, y el empleo de embudo metálico con soporte poroso para el filtro, que puede ser millipore, colodión de poros de 1 micra, o papel filtro Whatman N^o 41 ó 50.

b) *Extracción del pigmento*

Como solventes más apropiados se pueden usar la acetona y el metanol. El metanol se usa puro, en tanto que la acetona se diluye en agua destilada en concentraciones del 85 %, lo que evita el enturbiamiento posterior.

Originalmente, el proceso de extracción se realizaba a la temperatura ambiente, demorando entre 6 a 24 horas. No obstante, si se somete a la ebullición, el proceso se acelera notablemente, pudiendo constatarse la extracción total del pigmento —control posterior al microscopio— en el lapso de 1 minuto, presentando la ventaja de posibilitar la destrucción de las clorofilasas. Debemos indicar que el Prof. Ramón Margalef, obtiene similares resultados con la acción de los vapores de acetona.

c) *Valoración de los pigmentos*

No caben dudas de que el método clásico de valoración, por medio del espectrofotómetro, que da la medida de la absorción a varias longitudes de onda, pudiendo resolverse el sistema de varios componentes constituidos por los diversos pigmentos, llegándose a determinar la concentración, tiene una exactitud muy apreciable. Pero la finalidad perseguida por nosotros, buscando un método rápido, que elimine los aparatos onerosos y personal altamente capacitado para su uso, posibilitando una técnica simple y al alcance de los más modestos medios, hacía necesario eliminar el uso del espectrofotómetro, al precio lógico de contentarnos con datos menos exactos, pero que permiten realizar una medida aproximada de la productividad primaria.

Ante el planteamiento expuesto, la comparación colorimétrica era el camino obligado y más práctico. La utilización de pigmentos naturales para la confección de una escala comparativa, constituye un problema, no sólo en su obtención, sino que su preservación con las características de color es insegura. Por consiguiente, la escala patrón ideada por Harvey, confeccionada artificialmente, constituye un elemento útil de comparación colorimétrica.

d) *Escala de Harvey (preparación)*

La escala propuesta por Harvey, está constituida por soluciones de referencia artificiales (mezclas de cromato potásico y sulfato de níquel), las que imitan el color de los extractos naturales del fitoplancton.

Según Harvey, a una solución que contenga:

25×10^{-6} g. de K_2CrO_4
 430×10^{-6} g. de $NiSO_4 \cdot 6H_2O$

se le asignará una "unidad arbitraria de pigmento o color". De acuerdo a ello se prepara una solución en base a las siguientes cantidades:

0.5 g. de K_2CrO_4 /litro
 8.6 g. de $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ /litro

Esta solución se acidifica con 5 ó 6 gotas de ácido sulfúrico concentrado. Siempre siguiendo a Harvey, a esta solución así obtenida se le asignan 20 unidades pigmento por ml., constituyendo una solución madre, a partir de la cual, por dilución se prepara la escala colorimétrica, efectuando las siguientes proporciones:

VOLUMEN FINAL DE TODAS LAS SOLUCIONES: 20 ml.

Tubo número	ml. de solución madre	ml. de agua destilada	Unidades color/ml.
1	20	0	20 U. P./ml.
2	18	2	18 "
3	16	4	16 "
4	14	6	14 "
5	12	8	12 "
6	10	10	10 "
7	8	12	8 "
8	6	14	6 "
9	4	16	4 "
10	2	18	2 "

Las diluciones precedentes, fueron llevadas a cabo en tubos de "Pyrex" de 14 mm. de diámetro interior por 150 mm. de longitud, teniendo en cuenta este detalle para la colocación del líquido problema, que se debe hacer en tubos similares, a efectos de comparar en un mismo espesor.

e) Cálculos

Para facilitar la comprensión, plantearemos un caso concreto. Partiremos de que el tubo problema iguala con el tubo con 6 U. P./ml. de la escala; que se tomó originariamente una muestra de 10 litros de agua de mar; y que el volumen final de solución acetónica necesaria para disolver los pigmentos es de 8 ml.; para llegar al cálculo de unidades pigmento por metro cúbico de agua de mar. se aplicará la siguiente fórmula:

$$\frac{1.000}{10} \times 6 : 4.800 \text{ U. P./m}^3$$

Por lo tanto, la fórmula general se puede representar como sigue:

$$\frac{1.000}{V} \times T : \text{U. P./m}^3$$

Donde: V es el volumen de la toma de muestra (expresado en litros).

v es el volumen final de la solución acetónica (expresado en ml.).

T es U. P./ml. del tubo de la escala que iguala con el tubo problema.

f) Límites de concentración asequibles para distintas tomas de ensayo

Considerando que el tubo de menor concentración de la escala es el de 2 U. P./ml. y que el volumen mínimo de solución acetónica con el que se puede hacer cómodamente la comparación colorimétrica es de 5 ml., podemos calcular los límites mínimos de concentración asequibles con diversas tomas de ensayo de agua de mar. Dichos límites son:

Toma de ensayo (litros)	Vol. de solución acetónica (ml.)	Valor límite (U. P./m ³)
1	5.0	10 000
2	5.0	5 000
5	5.0	2 000
10	5.0	1 000
25	5.0	400
50	5.0	200
100	5.0	100

TECNICA A SEGUIR

El tratamiento de la muestra de fitoplancton puede llegar a esta etapa del método, de dos modos diferentes, según lo expresado en la obtención de la muestra. Si se efectuó la sedimentación por el término de 24 horas, se dispondrá de un volumen de 10 a 15 ml. (concentrado de fitoplancton en agua); por el contrario, si se realizó un filtrado directo —al vacío— se dispondrá de un filtro con el material adherido. Para el primer caso, corresponde efectuar un filtrado, según se indica a continuación.

Utilizar papel de filtro Whatman N° 41 ó 50, el que se coloca en un pequeño embudo de vidrio. Concentrar el sedimento en el vértice del cono del filtro, ayudándose de una pipeta con agua destilada. Una vez que ha filtrado toda el agua, se observará en el vértice el material. Se procede entonces, a eliminar todo el papel de filtro que no tiene material adherido, mediante una tijera. A partir de este momento, a los efectos del método, se sigue el mismo procedimiento, cualquiera sea el origen de la toma (sedimentación o filtrado rápido al vacío).

Primera etapa

Se coloca el trozo de papel de filtro impregnado de material o el filtro entero —según el caso—, dentro de un tubo de ensayo grueso (25 mm. de diámetro interno por 200 mm. de longitud), preferiblemente de vidrio templado.

Segunda etapa

Agregar sobre el contenido del tubo, el volumen adecuado de solución acetónica al 85 %. Como ya expresamos, este volumen nunca será

menor de 5 ml., a efectos de facilitar una comparación colorimétrica cómoda. Se agita el contenido, hasta obtener una especie de maceración, destruyendo en lo posible el papel de filtro, ayudándose por medio de una varilla de vidrio.

Tercera etapa

Adaptar al tubo de ensayo un tapón de goma atravesado por un tubo de vidrio de unos 5 mm. de diámetro interno por unos 60 cms. de longitud (refrigerante de aire).

Introducir el tubo en un baño María y esperar hasta que el contenido entre en ebullición (temperatura de 70 a 75° C.). Contar 1 minuto desde que rompe la ebullición. Dado la volatilidad de la acetona, tener cuidado con la ebullición tempestuosa, pues a pesar de que el refrigerante de aire, condensa los vapores evitando la pérdida del volumen acetónico inicialmente usado, puede suceder que rebase la longitud del mismo. Una vez cumplido el minuto de ebullición, retirar de la fuente de calor y colocar el tubo bajo la acción del agua de la canilla, para su enfriamiento. Recién después de cumplido este requisito, y no antes, retirar el tapón con el refrigerante de aire.

Siguiendo el procedimiento antes descrito, se obtiene la extracción total de los pigmentos de la muestra de fitoplancton, sin perder el volumen de solución acetónica empleado inicialmente.

Cuarta etapa

Como anteriormente se produjo una maceración, para facilitar la acción del solvente, corresponde clarificar el contenido del tubo de ensayo para efectuar la comparación colorimétrica.

Con este fin, se procede a realizar una nueva filtración, utilizando papel filtro (Whatman N° 41 ó 50), el que deja pasar la solución acetónica con el pigmento extraído, reteniendo las partículas del filtro y demás impurezas, tales como limo. El producto del filtrado se recibe en un tubo similar a los utilizados para confeccionar la escala de comparación colorimétrica ("Pyrex" de 14 mm. de diámetro interno por 150 mm. de longitud).

Una vez obtenido este filtrado, se está en condiciones de efectuar la comparación colorimétrica con la escala, conviniendo el uso de un colorímetro simple o visión directa (contra fondo blanco). Para este caso las diferencias de color, entre uno y otro tubo, son fáciles de apreciar.

RESULTADOS OBTENIDOS CON DISTINTAS MUESTRAS DE PLANCTON

Número de la muestra	Fecha de toma	Volumen de la toma (litros)	Volumen final (ml.)	Iguala al tubo con:	Unidad pigmento por mt. cúbico (U.P./m ³)
21	7/3/58	0.25	2.5	2 U. P./ml.	20 000
23	9/3/58	0.25	2.5	2 U. P./ml.	20 000
25	14/3/58	0.25	5.	2 U. P./ml.	40 000
27	16/3/58	0.25	5.	menos 2	—
29	18/3/58	0.25	8.	" "	—
31	20/3/58	0.25	8.	" "	—
34	22/3/58	0.25	4.	2 U. P./ml.	32 000
36	24/3/58	0.25	8.	menos 2	—
38	27/3/58	0.25	5	2 U. P./ml.	40 000
40	30/3/58	0.25	4.	menos 2	—
42	5/4/58	0.25	2.5	2 U. P./ml.	20 000
44	14/4/58	0.25	5.	2 U. P./ml.	40 000
45	28/4/58	0.25	5.	menos 2	—
46	30/4/58	0.25	8.	" 2	—
47 *	4/5/58	0.25	—	—	—
48	11/5/58	0.25	5.	menos 2	—
51	19/6/58	0.25	2.5	" "	—
53	3/7/58	0.25	2.5	" "	—
55	17/7/58	0.25	2.5	" "	—
56	24/7/58	0.25	2.5	" "	—
57 *	31/7/58	0.25	—	—	—
58	5/8/58	0.25	2.5	2 U. P./ml.	20 000
59	14/8/58	0.25	5.	menos 2	—
60	17/8/58	0.25	6.	" "	—
61 *	26/8/58	0.25	—	—	—
62 *	31/8/58	0.25	—	—	—
63 *	7/9/58	0.25	—	—	—
64	10/9/58	0.25	2.5	menos 2	—
64	10/9/58	0.50	2.5	" "	—
64	10/9/58	1.	2.5	" "	—
65 *	13/9/58	1.	—	—	—
66 *	17/9/58	1.	—	—	—
67 **	21/9/58	5.	5	menos 2	—
67 **	21/9/58	10.	4.	" "	—
67 **	21/9/58	25.	5.	" "	—
67 **	21/9/58	50.	8.	" "	—
67 **	21/9/58	100.	2.5	5 U. P./ml.	125
68 *	24/9/58	1.	—	—	—

Número de la muestra	Fecha de toma	Volumen de la toma (litros)	Volumen final (ml.)	Iguala al tubo con:	Unidad pigmento por mt. cúbico (U.P./m ³)
69 *	8/10/58	1.	—	—	—
70 *	11/10/58	1.	—	—	—
71	16/10/58	1.	7.5	12 U. P./ml.	90 000
72	19/10/58	1.	5.	10 U. P./ml.	50 000
73	22/10/58	1.	2.5	8 U. P./ml.	20 000
74	26/10/58	1.	2.5	4 U. P./ml.	10 000
75 *	12/11/58	1.	—	—	—
76	17/11/58	1.	5.	3 U. P./ml.	15 000
77 **	24/11/58	10.	10.	3 U. P./ml.	3 000
78	28/11/58	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
79 *	3/12/58	1.	—	—	—
80 **	6/12/58	25.	5.	3 U. P./ml.	600
80 **	6/12/58	10.	3.	menos 2	—
80 **	6/12/58	50.	6.	2 U. P./ml.	240
80 **	6/12/58	100.	8.	4 U. P./ml.	320
81 **	8/12/58	100.	5.	16 U. P./ml.	800
81	8/12/58	1.	8.	2 U. P./ml.	16 000
82	10/12/58	1.	3.	2 U. P./ml.	6 000
82 **	10/12/58	100.	10.	10 U. P./ml.	1 000
83	15/12/58	1.	2.5	2 U. P./ml.	5 000
83 **	15/12/58	100.	2.5	menos 2	—
84	17/12/58	1.	8.	2 U. P./ml.	16 000
84 **	17/12/58	100.	5.	4 U. P./ml.	200
86	22/12/58	1.	8.	7 U. P./ml.	56 000
86 **	22/12/58	100.	5.	4 U. P./ml.	200
87	27/12/58	1.	5.	4 U. P./ml.	20 000
87 **	27/12/58	100.	10.	20 U. P./ml.	2 400
88	30/12/58	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
88 **	30/12/58	100.	5.	5 U. P./ml.	250
89	8/1/59	1.	3.	2 U. P./ml.	6 000
89 **	8/1/59	100.	5.	6 U. P./ml.	300
90	15/1/59	1.	2.5	menos 2	—
90 **	15/1/59	100.	4.	" "	—
91	22/1/59	1.	2.5	2 U. P./ml.	5 000
91 **	22/1/59	100.	5.	6 U. P./ml.	300
92	30/1/59	1.	5.	4 U. P./ml.	20 000
92 **	30/1/59	100.	7.	8 U. P./ml.	560
93	7/2/59	1.	2.5	menos 2	—
93 **	7/2/59	100.	5.	" "	—
94	18/2/59	1.	2.5	2 U. P./ml.	5 000

Número de la muestra	Fecha de toma	Volumen de la toma (litros)	Volumen final (ml.)	Iguala al tubo con:	Unidad pigmento por mt. cúbico (U.P./m ³)
94 **	18/2/59	100.	5.	4 U. P./ml.	200
95	23/2/59	1.	5.	4 U. P./ml.	20 000
95 **	23/2/59	100.	8.	12 U. P./ml.	960
96	7/3/59	1.	2.5	3 U. P./ml.	7 500
96 **	7/3/59	100.	4.	8 U. P./ml.	320
97	11/3/59	1.	2.5	2 U. P./ml.	5 000
97 **	11/3/59	100.	5.	6 U. P./ml.	300
98	15/3/59	1.	2.5	menos 2	—
98 **	15/3/59	100.	5.	" "	—
99	19/3/59	1.	2.5	" "	—
99 **	19/3/59	100.	5.	" "	—
100	23/3/59	1.	4.	" "	—
100 **	23/3/59	100.	8.	" "	—
101	29/3/59	1.	2.5	" "	—
101 **	29/3/59	100.	5.	" "	—
102	11/4/59	1.	5.	4 U. P./ml.	20 000
103c	20/4/59	1.	8.	2 U. P./ml.	16 000
103c, **	20/4/59	100.	7.	6 U. P./ml.	420
104c	21/5/59	1.	8.	2 U. P./ml.	16 000
104c, **	21/5/59	100.	4.	2 U. P./ml.	80
105c	9/6/59	1.	10.	2 U. P./ml.	20 000
106c	28/6/59	1.	10.	3 U. P./ml.	30 000
107c	4/7/59	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
108c	11/7/59	1.	6.	2 U. P./ml.	12 000
109c	18/7/59	1.	4.	2 U. P./ml.	8 000
110c	30/7/59	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
111c	5/8/59	1.	4.	menos 2	—
112c	19/8/59	1.	8.	2 U. P./ml.	16 000
113c	30/8/59	1.	10.	menos 2	—
114c	5/9/59	1.	8.	2 U. P./ml.	16 000
115c	9/9/59	1.	4.	2 U. P./ml.	8 000
116c	12/9/59	1.	10.	2 P. P./ml.	20 000
117c	18/9/59	1.	12.	4 U. P./ml.	48 000
118c	23/9/59	1.	7.	2 U. P./ml.	14 000
119c	27/9/59	1.	10.	4 U. P./ml.	40 000
120c	6/10/59	1.	8.	2 U. P./ml.	16 000
121c	17/10/59	1.	10.	2 U. P./ml.	20 000
122c	23/10/59	1.	10.	2 U. P./ml.	20 000
123	1/11/59	1.	8.	2 U. P./ml.	16 000
124	8/11/59	1.	8.	6 U. P./ml.	48 000

Número de la muestra	Fecha de toma	Volumen de la toma (litros)	Volumen final (ml.)	Iguala al tubo con:	Unidad pigmento por mt. cúbico (U.P./m ³)
125	15/11/59	1.	8.	4 U. P./ml.	32 000
126	22/11/59	1.	10.	2 U. P./ml.	20 000
127	28/11/59	1.	8.	4 U. P./ml.	32 000
128	4/12/59	1.	5.	8 U. P./ml.	40 000
129	13/12/59	1.	10.	4 U. P./ml.	40 000
130	19/12/59	1.	7.	4 U. P./ml.	28 000
131	29/12/59	1.	10.	20 U. P./ml.	200 000
E. S. 1	11/1/61	1.	5.	menos 2	—
E. S. 2	13/1/61	1.	6.	2 U. P./ml.	12 000
E. E. 3	16/1/61	1.	5.	menos 2	—
E. S. 4	19/1/61	1.	5.	" "	—
E. S. 5	25/1/61	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
E. S. 6	30/1/61	1.	5.	menos 2	—
E. S. 7	31/1/61	1.	6.	4 U. P./ml.	24 000
E. S. 8	2/2/61	1.	5.	menos 2	—
E. S. 9	3/2/61	1.	5.	" "	—
E. S. 10	7/2/61	1.	5.	" "	—
E. S. 11	8/2/61	1.	5.	" "	—
E. S. 12	9/2/61	1.	5.	" "	—
E. S. 13	10/2/61	1.	5.	" "	—
E. S. 14	1/3/61	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
E. S. 15	2/3/61	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
E. S. 16	7/3/61	1.	5.	menos 2	—
E. S. 17	8/3/61	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
E. S. 18	17/3/61	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
E. S. 19	18/3/61	1.	6.	2 U. P./ml.	12 000
E. S. 20	20/3/61	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
E. S. 21	23/3/61	1.	10.	menos 2	—
E. S. 22	28/3/61	0.5	6.	2 U. P./ml.	6 000
E. S. 23	29/3/61	1.	5.	menos 2	—
E. S. 24	2/5/61	1.	5.	2 U. P./ml.	10 000
E. S. 25	5/5/61	1.	5.	4 U. P./ml.	20 000
E. S. 26	20/5/61	1.	10.	menos 2	—

- * Muestra no procesada, pues a simple vista, se dedujo ausencia casi absoluta de pigmentos.
- ** Filtrado por red.

Nota: Las muestras numeradas del 21 al 131, corresponden a registros realizados en Playa de los Ingleses (Montevideo); mientras que las muestras con el símbolo E.S. y del número 1 al 26, corresponden a registros efectuados en el extremo de la Escollera Sarandi, a la entrada del puerto de Montevideo.

CONCLUSIONES

La presentación del cuadro precedente, con un total de 151 determinaciones, intenta poner en evidencia los distintos resultados obtenidos, en diversas condiciones de trabajo.

La experiencia obtenida en la referida experimentación, nos permite llegar a considerar como de resultados favorables, trabajar en las siguientes condiciones.

Para trabajos en laboratorio costero, obtener la muestra con botella aforada de 1 litro, y proceder a la sedimentación —previa fijación— durante 24 horas. Para trabajos a bordo, es de mejor resultado, la obtención por botella aforada de 1 litro, fijación inmediata para detener todo proceso de fotosíntesis, y filtración por medio de vacío.

El proceso en sí, es sumamente rápido, pudiéndose realizar en unos 10 a 15 minutos. A bordo de un pesquero, se pueden realizar varias determinaciones de productividad, durante un lance y en distintos puntos de la ruta del arrastre.

El instrumental necesario para el desarrollo de la técnica es mínimo, y de bajo costo, y puede ser efectuada la determinación por personas con escasos conocimientos de laboratorio.

En la introducción del presente trabajo, expresamos que constituía una comunicación preliminar. Precisamente, en estos momentos estamos preparando los detalles necesarios para la utilización del C_{14} en la determinación de la productividad, así como el contaje de elementos, a efectos de realizar comparación de resultados por los tres métodos simultáneamente, con muestras iguales.

RESUMEN

El autor describe un método rápido y sencillo, para la determinación de la productividad primaria, en base a la extracción de los pigmentos solubles del fitoplancton. La técnica puede ser desarrollada en laboratorios costeros de modestos recursos y a bordo de embarcaciones menores, como pesqueros. Los resultados obtenidos, se pueden considerar como aproximados, pero suficientes para dar una idea general de la productividad de un área de mar.

SUMMARY

The author describes a rapid and simple method for determination of the primary productivity, based on the extraction of the soluble pigments of the phytoplankton. The technique can be developed in coastal laboratories of limited resources and on board of small crafts. The results obtained can be considered as approximated ones, but sufficient to give a general idea of the productivity of a marine area.

RESUME

L'auteur décrit une méthode rapide et simple pour la détermination de la productivité primaire, sur la base de l'extraction des pigments solubles du phytoplancton. La technique peut être développée dans des laboratoires côtiers de ressources limitées et à bord d'embarcations mineures, comme des bateaux de pêche. Les résultats obtenus peuvent être considérés comme approximatifs, mais suffisants pour donner une idée générale de la productivité d'une surface marine.

Agradecimiento.— Se deja expresa constancia de la importante colaboración realizada por el Q. I. Tomás Bense (h.), de la Sección Espectroquímica de la Facultad de Química y Farmacia de Montevideo, que hizo posible la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BRAARUD, T.— Counting Methods for Determination of the Standing Crop of Phytoplankton. *Extrait. Rapp. et Proc.-Verb.*, Vol. 144, 1958, Cons. Int. Explor. de la Mer, Copenhagen.
- COPENHAGEN, W. J.— An Apparatus for the Quantitative Estimation of Phytoplankton. *Trans. of the Roy. Soc. of South Africa*, Vol. XXIII, Part. IV, pp. 373-378, 1936, Cape Town.
- GARDINER, A. C.— Measurement of Phytoplankton Population by the Pigment Extraction Method. *Jour. of the Mar. Biol. Ass. of the United Kingdom*, Vol. XXV, Nº 4, pp. 739-744, 1943, Plymouth.
- GRAN, H. H.— Preservation of samples and quantitative determination of the plankton. *Publ. de Circ.*, Nº 62, Cons. Int. Explor. de la Mer, 1912, Copenhagen.
- HARVEY, H. W.— Measurement of Phytoplankton Population. *Jour. of the Mar. Biol. Ass. of the United Kingdom*, Vol. XIX, Nº 2, pp. 761-774, 1934, Plymouth.

- JENKINS, P. G.— Seasonal changes in the phytoplankton as indicated by spectrophotometric chlorophyll estimations 1952-53. *Papers in Marine Biology and Oceanography*, pp. 58-67. Pergamon Press Ltd., London.
- LUND, J. W. G.— A sedimentation technique for counting algae and other organisms. *Hydrobiologia*, Vol. III, Nº 4, pp. 390-394, 1951, Den Haag.
- MARGALEF, R.— *Consideraciones sobre la determinación cuantitativa del fitoplancton por la valoración de pigmentos solubles y los factores que afectan a la relación entre cantidad de pigmento y peso seco*. Publ. del Inst. de Biol. Aplicada, tomo XVI, pp. 71-84, 1954, Barcelona.
- *Una técnica de filtración para el estudio cualitativo y cuantitativo del fitoplancton*. Publ. del Inst. de Biol. Aplicada, tomo XVII, pp. 131-134, 1954, Barcelona.
- RYTHER, J. H.— The ratio of photosynthesis to respiration in marine plankton algae and its effect upon the measurement of productivity. *Deep-Sea Research*, Vol. 2, pp. 134-139, 1954, Pergamon Press Ltd., London.
- The Measurement of Primary Production. *Limnology and Oceanography*, Vol. I, Nº 2, pp. 72-84, 1956, U. S. A.
- The Estimation of Phytoplankton Production in the Ocean from Chlorophyll and Light Data. *Limnology and Oceanography*, Vol. II, Nº 3, 1957, U. S. A.
- STRICKLAND, J. D. H.— Measuring the Production of Marine Phytoplankton. Bull. Nº 122, *Fish. Res. Board of Canada*, 1960, Ottawa.