

## El viento como factor ambiental importante en el estudio ecológico del fitoplancton de agua dulce

por

Marcos de Afonso Marins\*

(Recibido para su publicación el 12 de agosto de 1980)

**Abstract:** In the Lobo Reservoir, Southern Brazil, the diatom *Melosira italica* represents 54% of the total phytoplankton. Through wind action *M. italica* is continuously brought up from the bottom, which functions as an "inoculum" for the constant maintenance of the alga in the water column. This study shows that the wind is an environmental factor that must be considered in limnological studies of phytoplankton.

El estudio de los factores ambientales y su influencia en los seres vivos en un ecosistema acuático, es de fundamental importancia para determinar las condiciones del sistema ecológico.

En un ambiente limnológico léntico (lagos, represas, etc.) el viento es un factor ambiental muy importante como ya indicaron Lund (1965) y Evans (1962) en estudios efectuados en la región templada.

Como el fitoplancton es responsable por gran parte de la producción primaria del ambiente acuático, y como consecuencia, del desencadenamiento trófico del ambiente merece mucha atención en los estudios limnológicos.

En regiones tropicales y principalmente en el Brasil, se han hecho pocos estudios sistemáticos de limnología, a no ser los trabajos desarrollados en nuestro Departamento de Ciencias Biológicas de la UFSCar. Estudiamos el viento y su influencia en el fitoplancton, principalmente en el mantenimiento de los filamentos de *Melosira italica* (Bacillariophyceae: Centricae) en la Represa do Lobo (Broa). Este estudio fue iniciado por haberse verificado en trabajos anteriores (Marins, 1972, 1975, 1978) que tal alga domina totalmente en el fitoplancton del embalse (54% del total) (Fig. 1).

### AREA DE ESTUDIO

La Represa do Lobo resultó de la acumulación artificial de las aguas de las corrientes formadoras del Rio Jacaré-Guaçu, captadas inmediatamente antes de la unión del Córrego do Feijão y del Ribeirão da Onça.

\* Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, Via Washington Luiz, km 235, Caixa Postal 676, 13560, São Carlos, SP, Brasil.

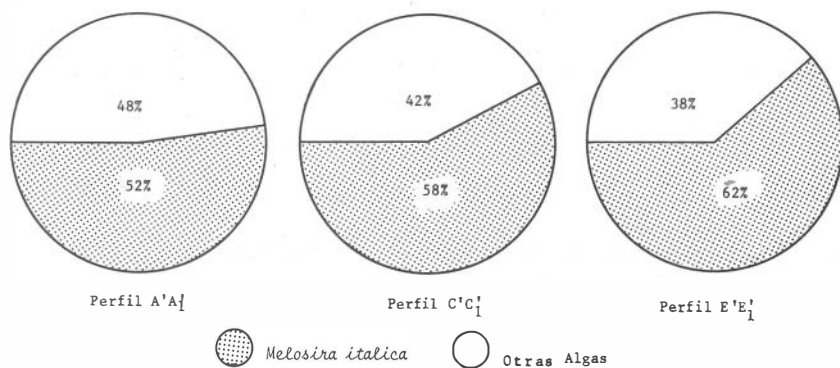


Fig. 1. Gráficos sectoriales de los porcentajes medios de *Melosira italica* en relación con las otras algas en los perfiles A' A'<sub>1</sub> C' C'<sub>1</sub> y E' E'<sub>1</sub> escogidos como representativos del embalse.

Esta cuenca hidrográfica tuvo origen en el drenaje de aguas superficiales, originadas en la llamada Serra Geral\*, en la región central del Estado de São Paulo. El declive hacia el Oeste de la superficie primitiva, que parte de la línea de cuevas, provocó una profunda erosión evidente en los potentes depósitos de material detrítico, desgaste mecánico de las rocas integrantes de la formación Serra Geral, cubiertas por rocas sedimentarias del Grupo Baurú\*\*.

Como consecuencia de ese proceso, resultó un amplio anfiteatro de erosión, abierto hacia el Oeste y circundado por cerros testigos, que caracterizan la morfología de la región.

El área del embalse y sus alrededores es de sedimentos del Holoceno (arenas, cascajos y arcillas), abarcando una superficie aproximada de 9 km<sup>2</sup>. Este material es el producto del desgaste de la Formación Botucatu-Piramboia y Grupo Baurú (Fig. 2).

Aprovechando la situación geomorfológica de la región y su rica red hidrográfica, la antigua Central Eléctrica de Rio Claro S.A. (SACERC), actualmente Central Eléctrica de São Paulo (CESP), construyó en 1936 un embalse para el aprovechamiento del potencial hidráulico formado por los ríos Ribeirão do Lobo, Ribeirão Itaquerí, Córrego de Geraldo y Córrego das Perdizes (Fig. 3).

El embalse está situado en la región Este central del Estado de São Paulo, entre los municipios de Itirapina y Brotas, y presenta las siguientes características:

Longitud máxima	7,5 km
Anchura máxima	2,2 km
Profundidad máxima	10 m
Profundidad media	3 m
Volumen de agua	22.000.000 m <sup>3</sup>
Superficie	6,8 km

\* Basalto, arenisca, "intertrap" y diabasa.

\*\* Areniscas, siltitos y conglomerados. Hoja Geológica de São Carlos. SF-23-M.100 del Instituto Geográfico y Geológico del Estado de São Paulo, 1966. Brasil.



El tiempo de hundimiento de *Melosira* se determinó en el laboratorio con una cámara de sedimentación de 5 ml en el microscopio invertido UPL de Carl Zeiss. Colocamos 5 ml de agua filtrada de la Represa de la Represa en la cámara de sedimentación y medimos la temperatura. A continuación, colocamos algunos filamentos de 10 células en la superficie del agua y medimos el tiempo transcurrido para llegar al fondo de la cámara. Cuando se fijó el alga con lugol, tinte de yodo, el tiempo medio de hundimiento, a 25°C fue de 1 mm/1,6 s; con formol, de 1 mm/66s y con células vivas de 1 mm/4,8 s.

Determinamos también la densidad en la columna de agua por medio de la técnica de sedimentación descrita anteriormente (Fig. 4).

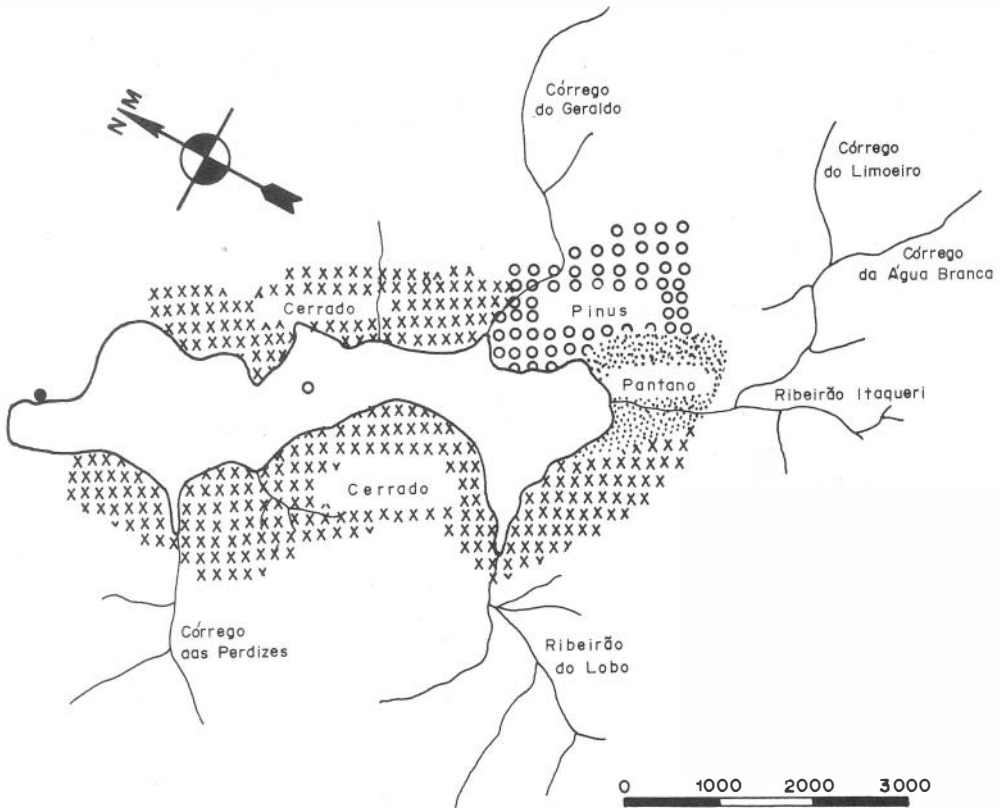


Fig. 3. Aspectos generales de la Represa do Lobo.  
 ○ Estación de colecta  
 ● Estación meteorológica del Departamento de Hidráulica, Escuela de Ingeniería de São Carlos, Universidad de São Paulo.

## RESULTADOS

Los datos obtenidos de las células de *Melosira* en sedimentación están en la Figura 6. La media en el período estudiado fue de  $1,1 \cdot 10^5$  cel/m<sup>2</sup>.

El poder de hundimiento del alga *Melosira* es grande; por ello, su permanencia en la región fótica de ese ambiente depende de la turbulencia del agua provocada por el viento. Analizando la Figura 7, podemos notar que en los meses de

septiembre, octubre y noviembre tuvimos el máximo de células por litro en la columna de agua. Este puede ser debido al aumento de la turbulencia del agua, pues el máximo de la velocidad del viento se dio en esos meses del año. La Figura 8 nos muestra la relación directa entre el número de células en el agua y la velocidad del viento. La Figura 9 pone en evidencia la relación entre la velocidad del viento y el número de células en el agua en el sedimento y sin sedimentación. A medida que aumenta la velocidad del viento, tenemos la disminución del número de células en sedimentación y una disminución en el sedimento. Cuando la velocidad del viento está entre 3 y 5 km/h hay una oscilación entre las células en sedimentación, del sedimento y columna de agua, habiendo siempre un aumento de sedimentación con la disminución de la velocidad del viento o el mantenimiento de esa velocidad. Nótese que, alrededor de 4 km/h tuvimos varios puntos. En septiembre, cuando tuvimos el máximo de la velocidad del viento, hubo una disminución en el número de células en el sedimento, que probablemente fueron "resuspendidas" en el fitoplancton.

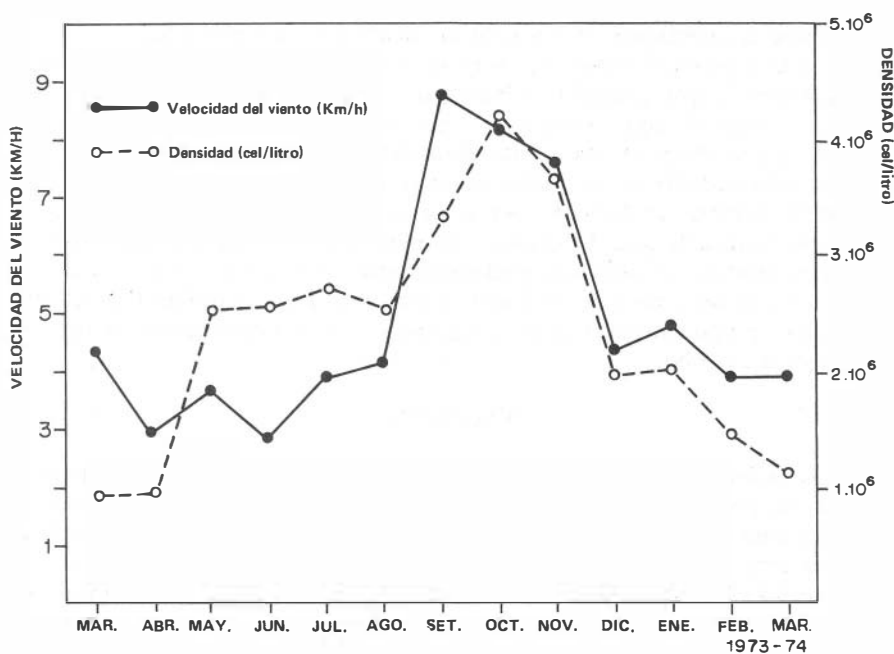


Fig. 4. Valores medios de la velocidad del viento y de la densidad de las células (células/litro) en la columna del agua en función del tiempo.

El número de células por filamento parece estar relacionado con el viento. En el Cuadro 1 podemos verificar que en el mes de junio, cuando la velocidad del viento fue menor, hubo una media aproximada de 10 células/litro en el fondo, mientras que en septiembre fue de aproximadamente 8,0 células/litro en la superficie y en el fondo. Estos datos parecen mostrar que la fuerte turbulencia del agua hace disminuir el número de células por filamento en la superficie y aumentar en el fondo, por posible rotura de los filamentos, lo que mantiene casi el mismo número en todo el cuerpo de agua por la circulación total de la masa de agua.

## CUADRO 1

Número medio de células por filamento,  
del alga *Melosira italica*.

Local de la muestra	Células/filamento	
	Junio	Setiembre
Superficie	10,45	8,11
Fondo	5,45	7,94
Sedimento	6,12	6,12

Las alteraciones de la densidad de esa alga sufren las influencias del viento como ya sugirieron Lund (1954), Talling (1965) y Evans (1962), llevando las células hacia la superficie y provocando su circulación, exponiéndolas así, por más tiempo, a la intensidad luminosa. Esto es ventajoso para este tipo de alga que tiene preferencia por pequeñas intensidades luminosas (Lund, 1954). Es más importante para el alga permanecer más tiempo recibiendo poca intensidad luminosa, que recibir poco tiempo alta intensidad luminosa.

La velocidad del viento parece ser muy importante para la turbulencia del agua en la Represa do Lobo y, por consiguiente, para el mantenimiento de la *Melosira* en la masa de agua. La situación geomorfológica del embalse hace que haya constantes vientos, de dirección predominantemente Norte y Nordeste y que la turbulencia del agua sea una constante en ese ambiente. La turbulencia del agua parece haber proporcionado buenas condiciones para la supervivencia de *Melosira* en la Represa do Lobo.

## DISCUSION

Los factores ambientales en general, y su sucesión en el tiempo, alteran la aparición de poblaciones, provocando condiciones adversas para ciertos grupos y favorables para otros. En regiones templadas, la temperatura del agua influye en el ciclo estacional de *Melosira*. En el otoño y la primavera, esa alga es abundante en lagos ingleses (Lund, 1971), pues no hay estratificación térmica, manteniendo las mismas condiciones en toda la masa del agua. La turbulencia del agua es responsable por esa desestratificación de temperatura y esto lleva a una abundancia de filamentos de *Melosira* en la columna de agua. En invierno y verano hay estratificación de la temperatura y los filamentos se hacen raros (Lund, 1954). En esa época las células van al fondo y en la inversión térmica de la primavera y del otoño son "resuspendidas" hacia la superficie. Durante el verano las células se quedan por debajo de la zona eufótica, pasando al "estado de reposo fisiológico" (Lund, 1971). La formación de esa reserva de algas en el fondo servirá como un inóculo masivo (Talling, 1965) para la formación de una nueva población en el plancton, cuando la estratificación para el otoño y la turbulencia aumenta, yendo hacia la zona eufótica. Las alternancias entre períodos estratificados, afirma Lund (1971), son ventajosos para *Melosira*, pues le permiten competir con otras especies de diatomea, que también pueden formar grandes poblaciones, pero no pueden vivir por largo tiempo en los depósitos afóticos, en ausencia de oxígeno.

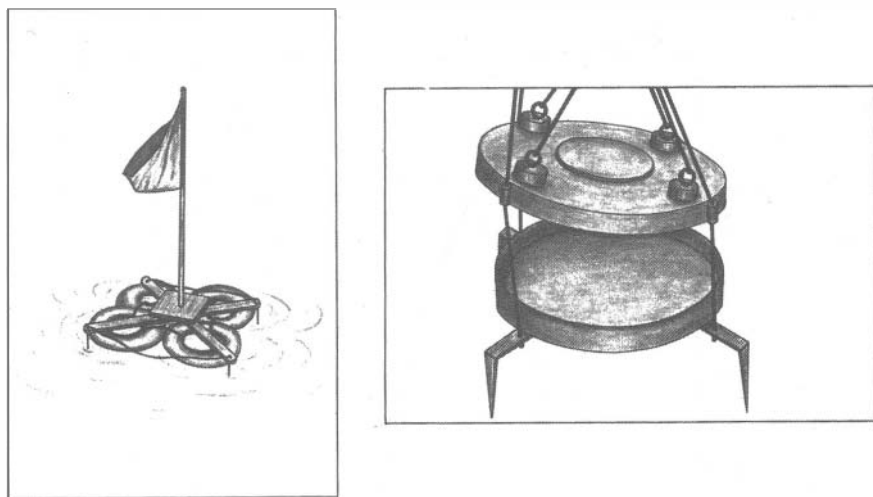


Fig. 5. Esquema de la Boya soporte para la "bandeja" y de la bandeja con su respectiva tapa.

En nuestro estudio verificamos que no hay estratificación térmica en el embalse, como ocurre en las regiones templadas, así como en las regiones del Africa tropical, que presentan una fuerte estratificación de enero a junio (Talling, 1965), debido posiblemente a grandes profundidades. La inexistencia de estratificación de temperatura en el embalse, podrá ser debida a la turbulencia constante del agua y también a las características batimétricas y morfométricas del embalse (ver el ambiente). Su profundidad media es de 3,00 m y su forma permite que la dominancia de los vientos Norte y Nordeste promueva la circulación del agua en toda su masa. Como consecuencia tendremos estacionalmente una circulación de esas algas en el cuerpo del agua, favoreciendo su aparición durante todo el año. En el lago Victoria de Africa no ocurre esto, pues los vientos aparecen en junio (Talling, 1965) y su profundidad impide una circulación total de la masa del agua.

En estudio realizado con animales bentónicos de la Represa do Lobo, Strixino (1973) notó que larvas de Chironomidae se alimentaban de *Melosira*. La distribución estacional de esos organismos encontrados en la Represa fue de 1440 por metro cuadrado. Ese valor medio fue encontrado en el punto de colecta en que efectuamos esta variación estacional. El mes en que se obtuvo menor densidad de Chironomidae ( $110 \text{ m}^{-2}$ ) fue septiembre, exactamente el mes en que encontramos una disminución del número de células de *Melosira* en sedimentación y en el sedimento, causada probablemente por la gran velocidad del viento en esa época del año. Esa distribución de Chironomidae podrá estar relacionada directamente con el número de *Melosira* presente en el sedimento y en sedimentación.

La constante turbulencia del agua, provocando el mantenimiento del contenido de nutrimentos en condiciones favorables, juntamente con las características de *Melosira*, puede haber sido la causa de la formación de grandes poblaciones en el embalse durante todo el año.

Dentro de los objetivos propuestos para este trabajo, podemos concluir que el alga *Melosira italica* de la Represa do Lobo, presenta las características mostradas por Lund (1954), asociada a las peculiaridades del ambiente (Represa do Lobo), que la hizo dominante durante el período de estudio.

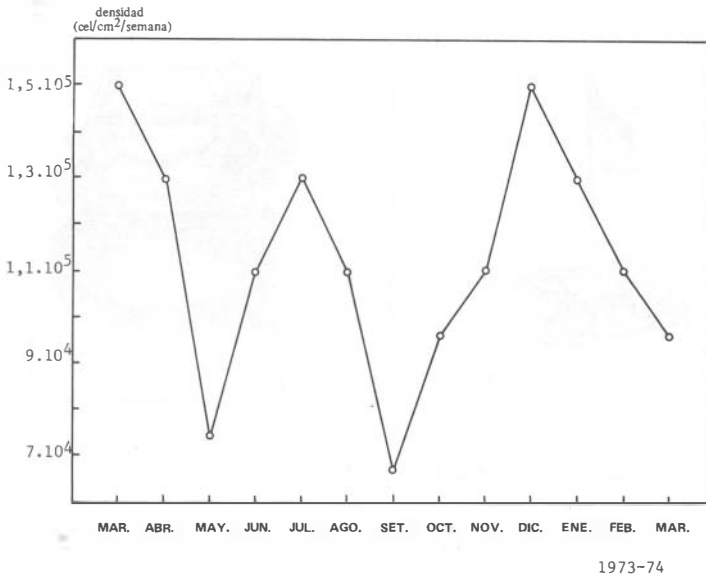


Fig. 6. Valores medios de la densidad de las células en sedimentación, en función del tiempo.

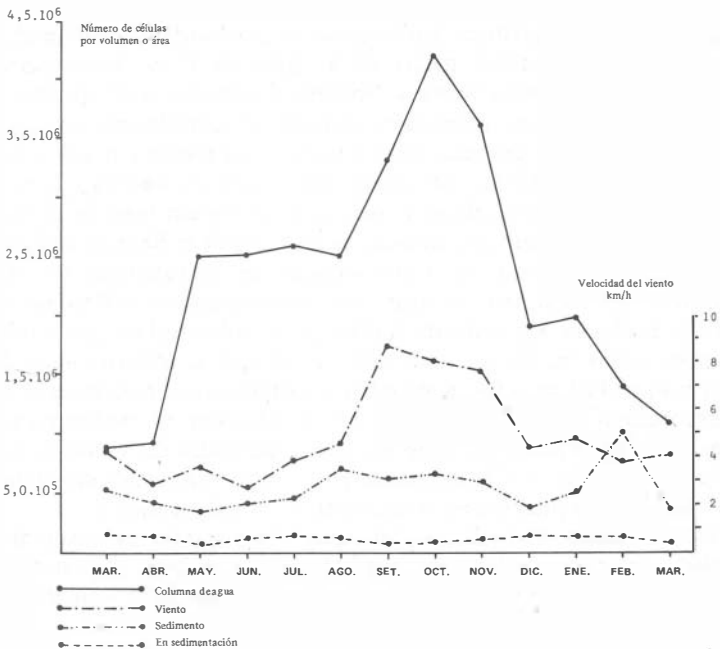


Fig. 7. Valores medios de la densidad en la columna de agua, sedimento y en sedimentación, relacionados con el viento, en función del tiempo.



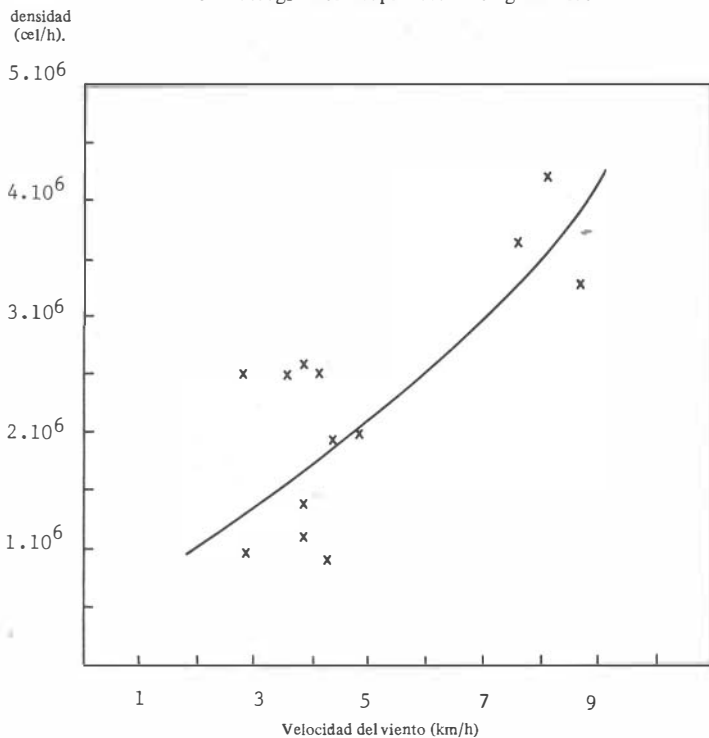


Fig. 8. Valores medios de la densidad de la columna de agua, en función de la velocidad del viento.

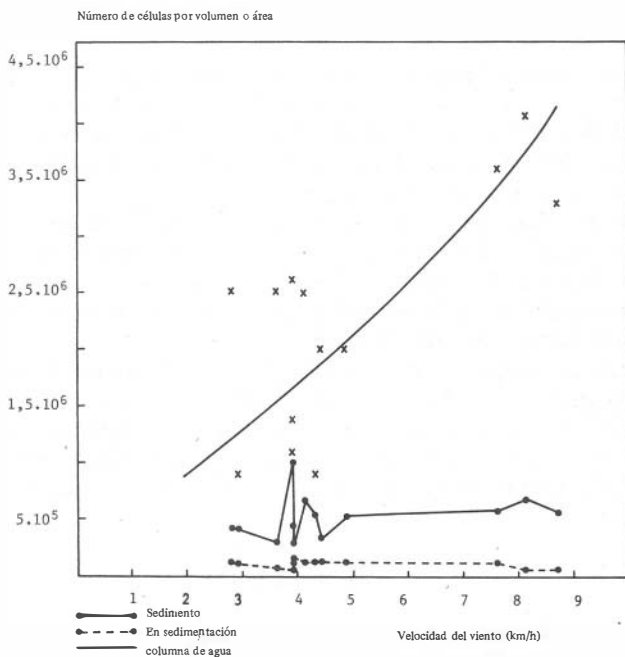


Fig. 9. Valores medios de la densidad de la columna de agua, en el sedimento y en sedimentación, en función de la velocidad del viento.

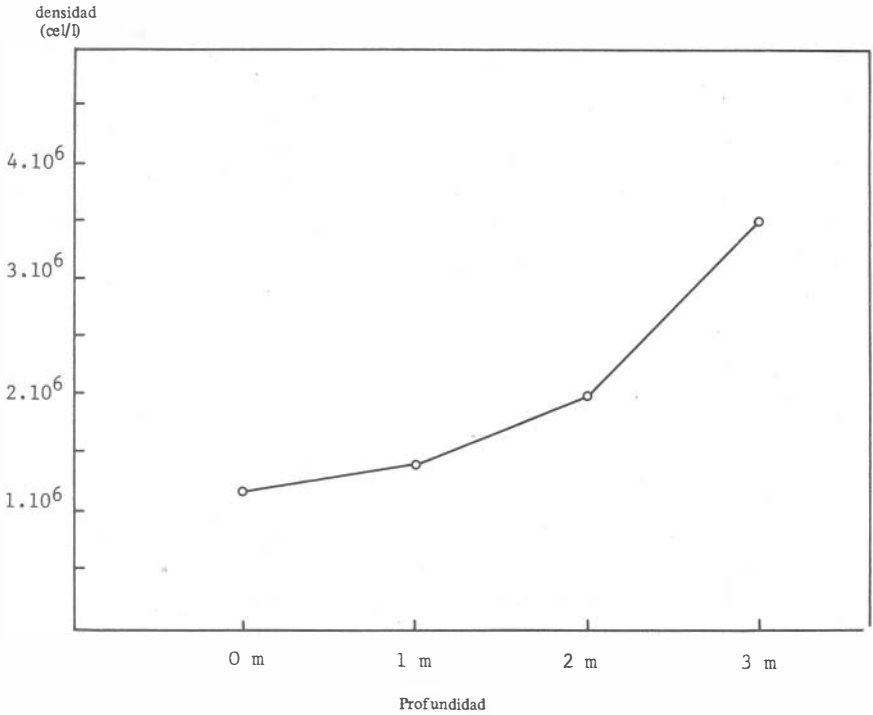


Fig. 10. Valores medios de la densidad en la columna de agua, en función de la profundidad.

Los pulsos de la primavera y del otoño, característicos de la región templada, que los limnólogos llaman "spring-flowering" (Odum, 1971) no se verificaron en la Represa do Lobo, pero la densidad de *Melosira* es más alta en relación con esas regiones y también en relación con otras regiones tropicales, como los lagos africanos ( $1,4 \cdot 10^6$  células/litro máximo, Evans, 1962).

El total de células en ese ambiente fue de  $4,8 \cdot 10^{16}$ , número que incluye los valores de la densidad del sedimento que mostró ser realmente el depósito de *Melosira* que en forma de "form-resistance" (Talling, 1965) quedan en el fondo y son "resuspendidas" hacia la superficie del agua con la acción de los vientos constantes en la Represa do Lobo (Fig. 10).

El parámetro ambiental más importante para el estudio de *Melosira* fue el viento que actuando sobre el mantenimiento del nutrimento y sobre el gran poder de hundimiento de esa alga, hace que permanezca en el agua por más tiempo. El número de células en la columna de agua es directamente proporcional a la velocidad del viento (Fig. 8), mientras que el número del sedimento es inversamente proporcional.

## RESUMEN

Los vientos constantes en la Represa do Lobo (Broa), en el sur de Brasil, mantienen el alga *Melosira italica* en la columna de agua, transportada desde el fondo, que funciona como un "inóculo" para el sustento constante de 54% del total del fitoplancton. Estudiamos esa alga en la columna de agua, en el sedimento y en

sedimentación y la relacionamos con el viento. Describimos la metodología que hemos creado para el estudio de las algas en sedimentación. La constancia de los vientos es el factor responsable de la formación y mantenimiento de esa gran población de algas.

En este trabajo se pone de manifiesto que en estudios limnológicos del fitoplancton, el viento es un factor ambiental que no puede subestimarse.

## REFERENCIAS

- Evans, J.H.**  
1962. The distribution of phytoplankton in some Central East African waters. *Hydrobiologia*, 19: 229-315.
- Lima, W.C., J.G. Tundisi, & M. de A. Marins**  
1979. A systemic approach to the sensitivity of *Melosira italica* (Ehr.) Kutz. *Rev. Bras. Biol.* 39: 559-563.
- Lund, J.W.G.**  
1954. The seasonal cycle of the plankton diatom *Melosira italica* (Ehr.) Kutz. subsp. *subartica* O. Mull. *J. Ecol.*, 42: 151-179.
- Lund, J.W.G.**  
1965. The ecology of the freshwater phytoplankton. *Biol. Rev.*, 40: 231-293.
- Lund, J.W.G.**  
1971. An artificial alteration of the seasonal cycle of plankton diatom *Melosira italica* Subsp. *subartica* in an English lake. *J. Ecol.*, 59: 521-533.
- Marins, M. de A.**  
1972. Distribuição "standing-stock" e aspectos ecológicos da alga *Melosira italica* em ambiente lacustre: Represa do Lobo. São Carlos. Universidade Federal, 113 pp. Tese.
- Marins, M. de A.**  
1975. Ecologia da alga *Melosira italica* (Ehr.) Kutz: Represa do Lobo. Estado de São Paulo. (Brasil) São Paulo, Universidade de São Paulo, 144pp.
- Marins, M. de A.**  
1978. Ecologia, distribuição e densidade da alga *Melosira italica* (Bacillariophyceae: Centricae) na Represa do Lobo (Broa), Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Biol. Trop.*, 26: 19-35.
- Nakamoto, N., M. de A., Marins, & J.G. Tundisi**  
1976. Synchronous growth of a freshwater diatom *Melosira italica* under natural environment. *Oecologia (Berl.)*, 23: 179-184.
- Odum, E.P.**  
1971. *Freshwater ecology. Fundamentals of ecology.* 3d ed. Philadelphia. Saunders, 295-323.
- Strixino, G.B.M.A.**  
1973. Sobre a ecologia dos macro-invertebrados do fundo, na Represa do Lobo. São Carlos. Universidade Federal. 242 pp. Tese.
- Talling, J.F.**  
1965. Comparative problems of phytoplankton production and photosynthetic productivity in a tropical and temperate lake. *Mem. Inst. Idrobiol.* 18, suppl.: 399-424.