

ORSTOM en BOLIVIE

MISSION DE LA PAZ

1 - 06 - 88

INFORME No. 10

CONVENIO UMSA - ORSTOM

BIOMASAS FITOPLANCTONICAS

DEL

LAGO TITICACA BOLIVIANO

A. ILTIS

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

ORSTOM

BIGMASAS FITOPLANCTONICAS DEL LAGO TITICACA BOLIVIANO

A. ILTIS

1. INTRODUCCION

Muestreos de fitoplancton fueron realizados en seis épocas diferentes que abarcaron toda la parte boliviana del lago Titicaca. Los períodos de muestreo son los siguientes : 23-24 de marzo de 1985 (Lago Mayor), 4 de abril de 1985 (Lago Menor); 26-28 de junio de 1985; 9-11 de diciembre de 1985; 21-24 de abril de 1986; 14-16 de octubre de 1986; 23-25 de febrero de 1987. Según la repartición de las precipitaciones anuales definida por BOULANGE y AQUIZE-JAEN (1981) que comprende 4 estaciones : un período de fuertes precipitaciones de diciembre a marzo, un período de transición en abril, un período seco y frío de mayo a agosto, y un período de transición de septiembre a noviembre, se efectuaron dos muestreos en época de lluvia, uno en época seca y fría y tres en período de transición.

Con excepción de la primera salida (marzo-abril 1985) en que se realizaron 16 muestreos en el Lago Menor y 12 en el Mayor, la cobertura global del lago Titicaca boliviano abarcó 28 estaciones en el Lago Menor y 19 en el Lago Mayor para las otras cinco salidas. Los datos sobre las condiciones del medio (temperatura, conductibilidad eléctrica, pH, transparencia) recolectados en cada estación durante estas salidas han sido resumidos en una nota de la Misión ORSTOM en Bolivia. También puede consultarse el trabajo intitulado "La química del lago Titicaca y su relación con el plancton" de J. QUINTANILLA, M. CALLICONDE y P. CRESPO sobre las características físico-químicas del lago en 1984-1985.

En lo que se refiere a los trabajos efectuados sobre la composición y evolución de los poblamientos algales en el lago Titicaca, se puede citar a FRANGUELLI (1939), TUTIN (1940),

REYSSAC y DAO (1977), RICHERSON *et al.*., (1977), ACOSTO POLO y PONCE HERRERA (1979), LAZZARO (1982), ILTIS (1984), ILTIS y COUPE (1984), y RICHERSON *et al.* (1986).

2. METODOS

Los muestreos fueron efectuados por simple extracción con ayuda de un balde en la capa de agua sub-superficial. Además en febrero de 1987, en cada estación, se realizó un muestreo a una profundidad de cuatro metros bajo la superficie. Las muestras obtenidas eran inmediatamente fijadas con 5 % de formol. También se obtuvieron muestras con ayuda de una red para el análisis cualitativo de la flora algal.

Las biomásas fitoplanctónicas han sido estimadas por numeración al microscopio invertido según el método Utermohl, luego por transformación en biovolúmenes después de calcular el volumen medio de cada uno de los taxones que componen la biomasa.

En cada muestra, varias - generalmente 5 - sub-muestras de volúmenes diferentes eran extraídas y sedimentadas por lo menos 20 horas en las cámaras de conteo. Una de estas sub-muestras era entonces escogida para que su densidad en organismos permita una buena precisión por un tiempo de conteo no excediendo cuatro horas por cámara de sedimentación. Algunas veces se efectuaba una segunda numeración en una sub-muestra más grande para las especies grandes menos densas. Las algas existentes en todo el fondo de la cámara de sedimentación eran contadas de tal manera que se pudiera suprimir los errores debido a una repartición irregular de los organismos del fondo. Las densidades siempre se escogieron de manera que las 2 o 3 especies dominantes estén siempre en número de 50 ejemplares. No se tuvo en cuenta los organismos encontrados de menos de 5 ejemplares en cada cámara de sedimentación : un número demasiado bajo no tiene ninguna significación estadística para calcular el número real de organismos existentes en el medio. En el cálculo final de la biomasa algal presente en cada muestra, se efectuó una corrección para tener cuenta del volumen de formol agregado al momento de la fijación. Los datos en μ3 o μl por litro fueron convertidos directamente en biomasa ($1 \mu\text{l} = 1 \text{mg}$) atribuyendo a las algas una densidad sensiblemente igual a la del medio donde viven. Los resultados obtenidos indican los valores de las biomásas celulares presentes; las Diatomeas de tamaño grande y las Dinoflageladas siendo relativamente poco abundantes en los poblamientos encontrados, no pareció

Útil aplicar la fórmula de Smayda (1965) para obtener resultados en biomosas plásmicas. En cada muestra, se calcularon las proporciones de cada grupo grande de algas (Clorofíceas, Cianofíceas, etc...) que constituyen la biomasa.

Los índices de diversidad específica fueron calculados sobre las biomosas presentes según la fórmula de Shannon. Los taxones cuya biomasa celular en la muestra representaban menos de 0,01 % de la biomasa total no fueron tomados en consideración, ya que influyen muy poco el valor de la diversidad calculada por esta fórmula.

3. RESULTADOS

3.1. Biomosas

Los resultados obtenidos de los diferentes muestreos se observan en el siguiente cuadro en mg/m^{-3} .

	Marzo-Abril 85	Junio 85	Dic. 85	Abril 86	Oct. 86	Feb. 87
<hr/>						
Biomasa media de cada estación						
Todo el lago	1036	467	467	312	560	1051
Lago Menor	1804	693	732	485	984	1731
Lago Mayor	11	135	75	57	34	48
<hr/>						

Los valores extremos observados en el Lago Menor son 4054 mg/m^3 en octubre 1986 en la estación 1 (poblamiento dominante de *Gomphosphaeria pusilla* y 28 mg/m^3 en la estación 27 en la desembocadura del río Tiwanaku en junio de 1985. En el Lago Mayor, se observa un máximo de 263 mg/m^3 en la estación 32 en diciembre de 1985 (poblamiento dominante de *Oocystis sp.*) y un mínimo de 3 mg/m^3 a fines de marzo de 1985 en la estación 44 en la desembocadura del río Suhez.

Se ha reportado en 6 gráficas las densidades del plancton vegetal observadas en la superficie del conjunto de la parte boliviana del lago (figs. 1 y 2).

En el Lago Mayor, la distribución del fitoplancton es bastante homogénea en todas las estaciones; se observa solamente una zona más rica que el resto del Lago Mayor a proximidad del estrecho de Tiquina (estaciones 30 y 32). La zona de la desembocadura del río Suhez (estaciones 43, 44 y 46) presenta siempre densidades fitoplanctónicas un poco más elevadas que en el resto del Lago Mayor.

En el Lago Menor, la parte más rica se sitúa en la parte norte, en la zona de Huatajata. Según las épocas, esta zona de fuerte densidad algal es más o menos extensa, abarcando por ejemplo, solamente, las estaciones 3 y 4 (Abril 86) o extendiéndose como es el caso frecuentemente a las estaciones 3, 4, 5, 6, 8, 9 y 12. La desembocadura del río Catari (estaciones 17 y 18) presenta a menudo densidades algales más elevadas que en las estaciones vecinas excepto en junio de 1985. En la bahía de Guaqui (estaciones 21 a 28), los poblamientos planctónicos aparecen bastante homogéneos, sólo la zona cercana de Desaguadero aparece en junio de 1985 un poco más rica; además la estación 27 situada directamente en la desembocadura del río Tiwanaku experimenta las variaciones del régimen hidrológico intermitente de éste, a veces más pobre, otras veces más rica que las estaciones vecinas.

En el caso de las variaciones estacionales, el hecho que las observaciones efectuadas se desarrollan sobre tres años incita a una gran prudencia en la interpretación de las variaciones observadas.

En efecto, algunos autores (RICHERSON *et al.*, 1986) han avanzado la hipótesis que las variaciones interanuales serían más importantes que las variaciones estacionales existentes en el medio. En el Lago Mayor, la interpretación de las variaciones aparece relativamente fácil: la época de la desaparición de la termoclina (junio) con la puesta en circulación de nutrientes del hipolimnion está marcada por un máximo muy claro donde la biomasa media es 2,4 a 12 veces más elevada que los otros meses del año, excepto diciembre. Produciéndose entonces un máximo de desarrollo de las Diatomofíceas (hasta 41 % de la biomasa celular total en la estación 50) "como resultado de una brusca subida de sílice disuelta a partir del fondo, cuando desaparece la estratificación física" (CARMOUZE *et al.*, 1984). Un segundo máximo (75 mg/m^3), menos marcado, aparece en diciembre debido al desarrollo de las Cianofíceas (hasta 97 % de la biomasa celular en la estación 39) - en particular *Gomphosphaeria pusilla* - en el período de insolación máximo en el lago (noviembre-diciembre).

Las variaciones estacionales en el Lago Menor aparecen más difíciles de interpretar que en el Lago Mayor. Según los trabajos de Lazzaro efectuados en 1979 en las estaciones 6 (Chúa) y 9 (Sukuta), en los primeros quince metros de profundidad de la capa de agua, un máximo interviene en mayo en Chúa y en abril en Sukuta; un segundo máximo interviene en estas dos estaciones en noviembre-diciembre. Según nuestras observaciones, un máximo muy claro aparece en febrero de 1987 y principios de abril de 1985; por lo que se puede considerar, de acuerdo con los datos de Lazzaro que el período febrero-marzo-abril corresponde a las más fuertes biomasa algales presentes en esta región. Sólo el año 1986 marcado por un máximo excepcional del nivel del lago con relación a los otros años presenta un esquema diferente con las biomasa bajas en abril, período del máximo de la crecida lacustre (fig. 3).

Contrariamente a lo que pasa en el Lago Mayor, los meses de junio, julio y agosto corresponden en el Lago Menor a un período de mínimo fitoplanctónico.

En febrero de 1987, además de la capa subsuperficial, el plancton vegetal ha sido recolectado a una profundidad de menos de cuatro metros. Del conjunto de las muestras obtenidas, el crecimiento medio de biomasa es de 12,6 % con relación al de la capa superficial, de 11,6 % en el Lago Menor y 21,8 % en el Lago Mayor.

3.2 Diversidad específica

Los promedios observados para la diversidad específica expresados en bits-mg⁻¹ están representados en el siguiente cuadro :

	Marzo-Abril 85	Junio 85	Diciembre 85	Abril 86	Octubre 86	Febrero 87	
							Superf. - 4 m
Promedio general	1,423	2,337	1,736	1,821	2,158	1,642	1,760
Desviación estándar	0,516	0,464	0,878	0,469	0,522	0,580	0,654
Promedio Lago Menor	1,209	2,470	2,360	2,011	1,910	1,996	2,168
Desviación estándar	0,572	0,534	0,411	0,381	0,467	0,453	0,445
Promedio Lago Mayor	1,707	2,142	0,815	1,523	2,524	1,122	1,147
Desviación estándar	0,230	0,237	0,464	0,432	0,364	0,268	0,378

Los valores más fuertes observados son 3,075 en el Lago Menor en la estación 15 en diciembre de 1985 y en el Lago Mayor, 2,904 en la estación 52 en octubre de 1986. Los valores más bajos son el Lago Menor 0,251 en la estación 12 en abril de 1985 y, en el Lago Mayor, 0,222 en diciembre de 1985 en la estación 39.

En el Lago Menor, los valores medios de la diversidad específica varían entre 1,9 y 2,5 bits, excepto a principios de abril de 1985 en que una Clorofícea constituye 80 a 90 % de los poblamientos, en esta época la diversidad media es de 1,2 bit. En junio de 1985, 23 de 28 estaciones tienen una diversidad superior de 2 bits; en diciembre de 1985, 21 estaciones; en abril de 1986, 17 estaciones; en octubre de 1986, 15 estaciones y en febrero de 1987, 16 estaciones.

En el Lago Mayor, se observa valores particularmente bajos (15 de 19 estaciones son inferiores a 1, promedio igual a 0,815) en diciembre de 1985, época en que el fitoplancton es dominado por una Cianofícea del género *Gomphosphaeria*. En febrero de 1987, esta especie es abundante en los poblamientos y la diversidad permanece baja (7 valores inferiores a 1 bit, otros 11 siendo inferiores a 1,5, siendo sólo una superior a este valor, el promedio es igual a 1,122). Se observan los valores más elevados para la diversidad en octubre de 1986 (11 estaciones superiores a 2,5 bits, 5 entre 2 y 2,5 bits y 3 entre 1,9 y 2 bits) y a un nivel inferior, en junio de 1985 (1 estación superior a 2,5 bits, 11 estaciones entre 2 y 2,5 bits, 5 entre 1,9 y 2 bits, 2 estaciones teniendo valores entre 1,790 y 1,9 bit). A fines de marzo de 1985 y abril 1986, los valores de la diversidad varían alrededor de promedios respectivamente de 1,7 y 1,5 bit.

En las muestras efectuadas a cuatro metros de profundidad en febrero de 1987, la diversidad específica es siempre ligeramente más elevada que en la zona subsuperficial. El promedio es de 2,17 bits (en superficie 2,0) en el Lago Menor y 1,15 (en superficie 1,12) en el Lago Mayor.

3.3 Composición de la biomasa

3.3.1 Composición por tamaño

Cuatro tamaños han sido escogidos para clasificar los elementos de la biomasa algal : las formas pequeñas hasta $350 \mu\text{m}^3$ de volumen celular, las formas medianas entre 350 y $3500 \mu\text{m}^3$, las especies grandes entre 3500 y $10.000 \mu\text{m}^3$ y las formas más grandes a más de $10.000 \mu\text{m}^3$ de volumen celular. Las colonias, los cenobos

y los filamentos han sido clasificados de acuerdo al volumen total del organismo. Los porcentajes de cada uno de los cuatro grupos definidos han sido calculados según las biomásas, y no según sus números. El tamaño de las células o de los organismos presentes en el plancton vegetal es un elemento importante que interviene en la dinámica de los poblamientos planctónicos y en las interacciones tróficas.

A fines de marzo-principios de abril 1985, de 16 estaciones estudiadas en el lago Menor, las formas pequeñas representan 80 a 96 % (promedio 88,9 %) de la biomasa en 10 estaciones. En la bahía de Guaqui, ellas representan sólo 47 a 60 % (promedio 50,5 %) (estaciones 23 a 25), las formas medianas constituyendo 37 a 51 % (promedio 45,3 %) de la biomasa. En las zonas vecinas de la desembocadura del río Tiwanaku (estaciones 26 a 28), las formas pequeñas son poco abundantes (máximo 14 %), las formas medianas representan de 29 a 94 % según la estación, las formas más grandes constituyen 52 % de la biomasa excepto en la estación 28 donde prácticamente no están representadas.

En el Lago Mayor, el porcentaje de las formas más grandes representa 55 a 88 % (promedio 75,1 %) en las 12 estaciones, las formas medianas constituyen 11 a 41 % (promedio 24,9 %) de la biomasa, las formas pequeñas y las especies grandes prácticamente no están representadas.

En junio de 1985, en el Lago Menor, se distingue la parte norte que contiene en promedio 1,2 % de pequeñas formas, 41,4 % de formas medianas, 36,0 de formas grandes y 21,4 % de formas más grandes. En la parte sur (estaciones 17 a 28), las proporciones de los diferentes tamaños son en promedio las siguientes : 15,3 % para las formas pequeñas, 52,6 % para las formas medianas, 23,3 % para las formas grandes y 8,7 % para las formas más grandes. En el Lago Mayor, los poblamientos son homogéneos, las formas pequeñas representando en promedio 2,1 %, las formas medianas 17,5 %, las formas grandes 40,9 % y las formas más grandes 39,5%.

En diciembre de 1985, en el Lago Menor, las formas pequeñas existen en un porcentaje bajo en todas las estaciones (2,7 % en promedio). Las proporciones de las formas medianas que son muy bajas en las estaciones 1 y 2 (9 y 26 %) son del orden de 36 a 56 % (promedio 48,7) en la parte norte del Lago Menor, de 68 a 90 % (76,6 % en promedio) en la parte central y en la bahía de Guaqui. Las formas grandes representan 19 a 53 % (el promedio es de 29 para las estaciones de 1 a 15) en la parte norte y tienen valores más bajos (3,6 % en promedio) en el resto del Lago Menor. Las formas más grandes tienen un porcentaje elevado (70 %) en la

estación 1 debido a la presencia de las Diatomeas grandes; este porcentaje disminuye (44 a 54 %) en las estaciones 2, 3 y 4. En el resto del Lago Menor, el porcentaje es en promedio 10,5 %.

En el Lago Mayor, las estaciones 30 y 32 presentan una composición por tamaños diferente del resto del Lago Mayor boliviano relativamente homogénea. En la estación 30, la más próxima del estrecho de Tiquina, las formas pequeñas están prácticamente ausentes, las formas medianas y grandes representando respectivamente 38,7 y 51,6 %; el porcentaje de las formas más grandes es 9 %. En la estación 32, el porcentaje de las pequeñas formas es 75,8 %, las formas medianas y más grandes representan respectivamente 6 y 18 %; las formas grandes están ausentes. En todas las otras estaciones del Lago Mayor (33 a 52), las proporciones de las formas pequeñas llegan raramente a 1 %, las de las formas medianas a 5 %, las de las formas grandes son generalmente de cero y llegan a 5,5 % sólo en 2 estaciones; la parte más grande de la biomasa está constituida por formas de más de $10.000 \mu\text{m}^3$, por 91 a 97 %.

En abril de 1986, en el Lago Menor, las proporciones de los diferentes grupos son, en promedio, las siguientes en la parte norte (estaciones 1 a 16) : 1,7 % para las formas pequeñas; 27,8% para las formas medianas; 61,6 % para las formas grandes y 8,9 % para las formas más grandes. En la parte sur (estaciones 17 a 28), los grupos de tamaño se reparten de la siguiente manera : formas pequeñas 5,5 %, formas medianas 71,0 %, formas grandes 16,5 % y formas más grandes 7,0 %. En el Lago Mayor, las 3 estaciones más cercanas del estrecho de Tiquina presentan una composición diferente de la del resto del Lago Mayor boliviano con 14,1 % de formas pequeñas, 8,5 % de formas medianas, 73,4 % de formas grandes y 4 % de formas más grandes. En el resto del Lago Mayor (estaciones 34 a 52), se encuentra en promedio 5,0 % de formas pequeñas, 3,0 % de formas medianas, 5,9 % de formas grandes y 86,1 % de formas más grandes (fig. 4).

En octubre de 1986, en la parte norte (estaciones 1 a 16) del Lago Menor, las formas pequeñas representan en promedio 1,8 % de la biomasa presente, las formas medianas 32,0 %, las formas grandes 64,2 % y las formas más grandes 1,9 %. En la parte sur (estaciones 17 a 28), los poblamientos están constituidos en promedio de 3,3 % de formas pequeñas, 59,2 % de formas medianas, 34,0 % de formas grandes y 3,7 % de formas más grandes. En la parte boliviana del Lago Mayor, fuera de la estación 30, cerca del estrecho de Tiquina, que presenta una composición próxima de la del norte del Lago Menor (1,2 % de formas pequeñas; 32,7 % de formas medianas; 61,4 % de formas grandes y 4,7 % de formas más grandes), las 18 estaciones del Lago Mayor presentan una composición media por grupos de tamaño con 3,0 % de pequeñas formas,

47,9 % de formas medianas, 24,3 % de formas grandes y 24,9 % de formas más grandes.

En febrero de 1987, en el Lago Menor, las proporciones de los diferentes grupos de algas clasificadas por tamaño se reparten de la manera siguiente en la parte norte (estaciones 1 a 16): 8,2 % de formas pequeñas; 57,6 % de formas medianas; 33,9 % de formas grandes y 0,2 % de formas más grandes. En la parte sur (estaciones 17 a 28), las proporciones medias son 27,8 % de formas pequeñas, 53,3 % de formas medianas, 18,9 % de formas grandes, estando ausentes las formas más grandes. En el conjunto de las estaciones del Lago Mayor, la composición media por grupos de tamaño se reparte en 12,9 % de formas pequeñas; 4,4 % de formas medianas; 81,5 % de formas grandes y 1,2 % de formas más grandes. Las proporciones de formas grandes son un poco más elevadas (1 a 3 %) a una profundidad de cuatro metros que en la superficie en la parte norte del Lago Menor y Lago Mayor; en la parte sur del Lago Menor, hay diez por ciento más de formas grandes que en la superficie en detrimento de las formas medianas (fig. 5).

En conclusión, las formas de menos de $350 \mu^3$ representan raramente porcentajes elevados, excepto en el Lago Menor a principios de abril 1985, estando siempre en bajas proporciones en el Lago Mayor. Las formas medianas y grandes constituyen generalmente la mayoría de los poblamientos del Lago Menor en todas las estaciones; en el Lago Mayor, con excepción de febrero de 1987, estas formas representan 50 a 70 % de la biomasa solamente en algunas estaciones. Las formas más grandes no son prácticamente nunca dominantes en el Lago Menor, mientras que en el Lago Mayor, ellas representan casi en todas partes más del 70 % de los poblamientos a fines de marzo de 1985, diciembre de 1985 y abril de 1986. La ausencia de dominación bien clara de un grupo de tamaño se produce muy raramente, observándose sólo esta situación en junio de 1985 en casi todo el Lago Mayor y en una docena de estaciones del norte del Lago Menor y en varias estaciones del Lago Mayor en octubre de 1986.

3.3.2 Composición por grupos de algas

Las algas presentes en el lago se reparten entre cinco grandes grupos de algas : Cianofíceas, Clorofitas, Pirrofitas, Diatomofíceas y Euglenofitas, siendo este último grupo el menos representado; sólo es señalado en seis muestras del total de los seis muestreos efectuados; alcanza un máximo de 4 % de la biomasa presente (estación 43 en el Lago Mayor cerca de la bahía de Escoma, en octubre de 1986).

En el siguiente cuadro, se representa los promedios de los porcentajes observados en las diferentes partes del lago; el Lago Menor boliviano ha sido subdividido en una parte norte (estaciones 1 a 16) y una parte sur (estaciones 17 a 28). Los porcentajes han sido calculados según los biovolúmenes y no según los números de algas.

	Marzo 85	Abril 85	Junio 85	Diciembre 85	Abril 86	Octubre 86	Febrero 87
	S	S	S	S	S	S	- 4 m
<u>Norte Lago Menor</u>							
Cia.	1,3 %	36,3 %	29,1 %	61,1 %	60,5 %	30,3 %	30,3 %
Diat.	0	15,7	12,9	1,1	2,5	2,2	1,9
Pir.	3,9	13,5	24,5	6,4	6,9	4,0	6,3
Cl.	94,8	34,5	33,3	31,4	30,0	63,7	61,5
<u>Sud Lago Menor</u>							
Cia.	1,3	14,0	9,0	15,6	19,5	11,6	19,3
Diat.	0	3,4	4,0	0,9	4,7	1,3	3,8
Pir.	3,9	19,5	20,0	19,8	30,0	31,8	21,3
Cl.	94,8	63,1	67,0	63,7	45,8	55,2	55,3
<u>Lago Mayor</u>							
Cia.	41,4	30,1	83,2	64,8	20,6	78,3	78,9
Diat.	0,5	19,4	0,1	4,7	7,2	0	1,4
Pir.	1,0	2,4	1,3	0,2	11,9	1,6	0,7
Cl.	57,1	48,4	15,3	30,2	60,1	20,1	19,0

A fines de marzo, principios de abril de 1985, las Clorofitas son el grupo preponderante en el conjunto del Lago Menor; sólo la región de la desembocadura del río Tiwanaku (estaciones 26 y 27) tiene un poblamiento diferente con 39 % de Cianofíceas, 15 % de Diatomeas, 35 % de Pirrofitas y 11 % de Clorofitas. En el Lago Mayor, las Cianofíceas representan en promedio 41,4 % y las Clorofitas 57,1 %.

En junio de 1985, en la parte norte del Lago Menor, no hay predominancia bien clara de un grupo de algas mientras que en la parte sur, las Clorofitas dominan y representan un promedio de un poco más de 63 % de poblamientos. En el Lago Mayor, las

Clorofitas predominan (48,4 % en promedio de biomasa), las Diatomeas representan 19,4 %, o sea el más fuerte porcentaje observado y las Cianofíceas un poco más de 30 %.

En diciembre de 1985, los poblamientos del Lago Menor tienen proporciones por grupos de algas casi idénticas a las del mes de junio. En el Lago Mayor, las Cianofíceas predominan grandemente (83,2 % en promedio), las Clorofitas sólo representan 15,3 % de la biomasa.

En abril de 1986, la composición de la biomasa algal es diferente en la parte norte y parte sur del Lago Menor. Las Cianofíceas - 61,1 % en promedio - predominan en la parte norte, las Clorofíceas representando en promedio un poco más de 31 %. En la parte sud, las Clorofitas dominan, con casi 64 % de los poblamientos, las Cianofíceas representando en promedio 15,6 %. Hay que notar el porcentaje bastante apreciable - casi 20 % - de Pirrofitas a esta época en esta zona. En el Lago Mayor, la dominación de las Cianofíceas observada en diciembre se prosigue en abril (casi 65 % de los poblamientos), el porcentaje de las Clorofitas (alrededor de 30 %) siendo sin embargo más elevado que a fines del año anterior (fig. 6).

En octubre de 1986, en el Lago Menor, la parte norte tiene el mismo tipo de poblamiento que en abril. En la parte sud, las proporciones de las Pirrofitas son más elevadas (30 % en vez de 19,8 %) en tanto que las de las Clorofíceas disminuyen (45,8 % contra casi 64 % en abril), las proporciones de las Cianofíceas varían poco. En el Lago Mayor, las Cianofíceas representan, en promedio, a esta época solamente un poco más de 20 % de los poblamientos y las Pirrofitas casi 12 %, predominando las Clorofíceas (60 % de biomasa).

En febrero 87, en la parte norte del Lago Menor, las Clorofíceas predominan (63,7 %), las Cianofíceas representando 30-%; las Diatomeas y Pirrofitas están en proporciones muy bajas. En la parte sur, la dominación de las Clorofíceas es también bien marcada, pero las Pirrofitas constituyen casi 32 % de los poblamientos; el porcentaje de las Cianofíceas es relativamente bajo (11,6 %). En el Lago Mayor, las Cianofíceas son, como en diciembre de 1985 y abril de 1986, preponderantes (más de 78 %), las Clorofíceas representan 20 %, los otros grupos tienen porcentajes prácticamente nulos (fig. 7).

A la misma época, a una profundidad de cuatro metros, las proporciones de los diferentes grupos de algas son idénticas a las existentes en la capa superficial en lo que se refiere al

Lago Mayor y la parte norte del Lago Menor. En la parte sur del Lago Menor, el porcentaje de Cianofíceas es más elevado a menos de cuatro metros que en la superficie, el de las Diatomeas es también más elevado mientras que el de las Pirofitas es 10 % más bajo que en la superficie.

En conclusión, se puede señalar que Clorofíceas y Cianofíceas son los dos grupos que predominan alternativamente según las épocas en la parte norte del Lago Menor y en el Lago Mayor. En la parte sur del Lago Menor, las Clorofitas están en porcentajes predominantes en las seis estaciones estudiadas. Las Pirofitas no son nunca predominantes en los poblamientos; presentan porcentajes apreciables en la parte sur del Lago Menor (hasta 30% de promedio en octubre 86) principalmente en las zonas próximas de la desembocadura de los ríos. En la parte norte del Lago Menor, los porcentajes son más bajos, alcanzan un máximo de 24,5% en diciembre de 1985. En el Lago Mayor, los porcentajes más elevados (casi 12 %) son observados en octubre de 1986. Las Diatomeas están generalmente en bajas proporciones y sobrepasan raramente 10 % excepto en junio de 1985 donde se observa un promedio de 15,7 % en las estaciones del norte del Lago Menor y 19,4 % en el Lago Mayor. En diciembre de 1985, un importante desarrollo local de *Cyclotella* en el extremo nor-este del Lago Menor hace que, único caso en nuestros muestreos, este grupo sea predominante en la estación 1.

Constatamos que los estudios de Lazzaro (1982) efectuados en 1979 en varias estaciones repartidas en el Lago Menor boliviano mostraron la dominación clara en todas las estaciones de Clorofíceas en todas las épocas del año. Siendo enseguida las Pirofitas el grupo con los más fuertes porcentajes. El crecimiento del porcentaje de las Cianofíceas en los poblamientos en el curso del período estudiado aquí es uno de los hechos más importantes que señalar en la evolución del plancton vegetal desde 1979.

3.3.3 Composición específica

Entre los taxones que intervienen en la biomasa, son las Clorofitas las que presentan la variedad más grande. Para una muestra dada, las Clorofíceas son frecuentemente representadas por 7 a 10 taxones mientras que los otros grupos de algas sólo son representados cada uno por 1 a 2 taxones. Las siguientes especies son las más comunes encontradas :

Pandorina morum (Muller) Bory
Tetraedron minimum f. apiculatum (Reinsch) De Toni
Tetraedron trilobulatum (Reinsch) Hansgirg

Schroederia setigera (Schroeder) Lemmermann
Sphaerocystis schroeteri Chodat
Oocystis lacustris Chodat
Oocystis sp. (borgei Wittr.?)
Chodatella quadriseta Lemmermann
Botryococcus braunii Kutzing
Dictyosphaerium pulchellum Wood
Scenedesmus ecornis (Ehrenb.) Chodat
" *quadricauda* (Turpin) Brebisson
Pediastrum boryanum (Turpin) Meneghini
Chlorhormidium subtile (Kutzing) Fott
Spirogyra sp.
Mougeotia sp.
Zygnema sp.
Closterium aciculare T. West
" *acutum* var. *variabile* (Lemmermann) Krieger
Staurastrum gracile Ralfs

Las Cianofíceas más frecuentemente observadas en los poblamientos pertenecen a las siguientes especies :

Microcystis elachista (W. et W.S. West) Starmach
Gomphosphaeria pusilla (Van Goor) Komarek
Nodularia harveyana var. *sphaerocarpa* (Bornet et Flahault)
Elenkin.
Anabaena sp.
Oscillatoria sp.

Entre las Pirrofitas, los siguientes taxones son los más frecuentemente observados :

Criptofíceas :

Cryptomonas sp.
Chroomonas sp.

Dinofíceas :

Gymnodinium sp.
Peridinium pusillum (Penard) Lemmermann
Peridinium willei Huitfeld-Kaas
Peridiniopsis cristatum var. *boliviense* Iltis et Couté

Los Euglenofitas son representados por el género *Trachelomonas*.

Las Diatomeas del lago no han sido determinadas a un nivel específico. Los siguientes géneros han sido contados en la biomasa :

Cyclotella
Synedra
Amphiprocra
Fragilaria
Navicula

3.3.4 Observaciones sobre la composición específica

3.3.4.1 **Clorofitas**

Las especies del género *Oocystis* constituyen una parte importante de la biomasa tanto en el Lago Mayor como en el Lago Menor. Este género es señalado por Richerson como siendo común a subdominante en 1973, 1981 y 1982 en el Lago Mayor. Es señalado también como muy abundante en 1979-80 en el Lago Menor por Lazzaro.

Chodatella quadriseta Lemmermann que fue encontrado en abundancia en el Lago Menor por Lazzaro en 1979-1980 y en nuestras muestras de 1985 a 1987, es muy escaso en el Lago Mayor; no es señalado por Tutin o Richerson.

Botryococcus braunii Kutzing se encuentra en abundancia en las dos partes del lago en 1937 (TUTIN, 1940) y 1961 (UENO, 1967). Es aún encontrado en 1956 en la bahía de Puno por Thomasson. Es muy escaso en el Lago Mayor en 1973, 1981 y 1982 (RICHERSON *et al.*, 1986) y no es señalado en el Lago Menor en 1979-1980 por Lazzaro. Es bastante frecuente en las dos partes del lago entre 1985 y 1987.

Los restos de varias especies del género *Pediastrum* Meyen han sido encontrados en abundancia en testigos de sedimentos del Lago Menor; estas especies son comunes en varias de nuestras muestras sin constituir no obstante una biomasa importante.

Planctonema lauterbornii Schmidle que no se observa antes de 1973 es indicado por Richerson como dominante en el Lago Mayor en 1973 y 1981, subdominante a común en 1982 (RICHERSON *et al.*, 1986; ILTIS, 1984).

Chlorhormidium subtile (Kutzing) Fott, *Ulothrix subtilissima* Rabenhorst, *Ulothrix zonata* Kutzing *et Gloeotilopsis planctonica* Iyengar y Philip sólo designan probablemente a un único taxón observado en las dos partes del lago desde 1937.

Mougeotia sp. observada en bajas cantidades en nuestras muestras del Lago Menor entre 1985 y 1987, representaba 98 % de la biomasa en esta misma zona en 1979-80 según Lazzaro.

3.3.4.2 Cianofíceas

Gomphosphaeria pusilla (Van Goor) Komarek es un taxón presente en abundancia en casi todas las muestras recolectadas entre 1985 y 1987 en las dos cuencas del lago. No parece haber sido inventariada antes.

Anabaena spiroides Klebahn, *Anabaena affinis* Lemmermann, *Anabaena sp.* señaladas como abundantes por Tutin, Thomasson, Richerson y Lazzaro en las dos partes del lago son muy poco abundantes en las muestras de 1985 a 1987; parecen haber sido reemplazadas por *Gomphosphaeria pusilla*.

Nodularia harveyana (Thw.) Thuret o la variedad *sphaerocarpa* (Bornet y Flahault) Elenkin parece ser una especie común en la totalidad del lago desde las primeras muestras en 1937.

Oscillatoria sp. raramente señalada en el lago antes de 1982 constituye una parte apreciable de la biomasa en nuestras muestras del Lago Menor entre 1985 et 1987.

3.3.4.3 Pirrofitas

Cryptomonas sp. o *Cryptomonas ovata* Ehrenberg es señalada como siendo común en el Lago Mayor en 1973, 1981 y 1982 por RICHERSON et al., 1986. Se observa en cantidad apreciable en muchas muestras entre 1985 y 1987 en las dos cuencas lacustres.

Peridinium spp. es señalado en las dos partes del lago en todos los muestreos desde 1937. Este género parece más común en las zonas perideltaicas de los ríos.

3.3.4.4 Diatomeas

El género *Cyclotella* es observado en las dos cuencas lacustres. Según RICHERSON et al. (1986), este género comprende las especies *C. striata* (Kutz.) Grun., *C. stelligera* Cl y Grun. y *C. andina* Theriot et al.

Amphiprora alata Kutzing ha sido observada, aunque nunca en cantidades importantes, en muestras del Lago Menor recolectadas en 1979-80 y 1985-87.

Fragilaria sp. se revela particularmente abundante en las tomas efectuadas en febrero de 1987 en el Lago Menor.

4. CONCLUSIONES

Las observaciones realizadas sobre el plancton vegetal del lago Titicaca boliviano permiten hacer una distinción bien marcada entre el Lago Menor y Mayor. El nivel de las biomásas fitoplanctónicas en la capa de agua superficial es, como mínimo, cinco veces más elevado en el Lago Menor que en el Mayor, siendo el máximo de treinta seis veces en febrero de 1987. La diferencia es más baja en junio, siendo el Lago Mayor en esta época relativamente rico con relación al resto del año, por el contrario el Lago Menor está en período de biomásas relativamente bajas. Mientras que el Lago Mayor presenta en todas las estaciones una gran homogeneidad de poblamientos (sólo las estaciones próximas del estrecho de Tiquina y de la desembocadura del río Suchez presentan en algunas estaciones poblamientos diferentes de los del conjunto del Lago Mayor), el Lago Menor es mucho más heterogéneo en relación a la composición y nivel de biomásas planctónicas presentes.

Por otra parte, si se puede considerar que, en un plan cualitativo, la composición de los poblamientos es idéntica, siendo generalmente comunes los taxones presentes a las dos cuencas lacustres, las cantidades presentes y proporciones de los diferentes grupos de algas o las diversas clases de tamaño son bastante diferentes en el Lago Mayor y Lago Menor.

En lo concerniente a la evolución anual, existe aquí también

una diferencia bien marcada entre Lago Mayor y Menor. En el Lago Mayor, se distingue en el curso del año un máximo en junio, período de la desaparición de la termoclina y vuelta a la circulación de elementos del hipolimnion, la sílice en particular, resultando un máximo de proporciones de Diatomeas (casi 20 % en promedio) en esta estación. Un segundo máximo aparece en diciembre, debido a la abundancia de Cianofíceas, particularmente *Gomphosphaeria pusilla* que se desarrolla en período de insolación máximo.

En el Lago Menor, marzo-abril marca en 1985 un máximo en las biomazas pero éste no aparece en la misma época en 1986. Según las observaciones realizadas en 1979 por LAZZARO (1982), un máximo se produce en abril-mayo en las dos estaciones estudiadas en esta época, interviniendo un segundo máximo menos marcado en noviembre-diciembre. Aunque los valores obtenidos en el curso de nuestro estudio sean difícilmente interpretables para la evaluación de las variaciones estacionales, se puede suponer la presencia de dos máximos fitoplanctónicos, el más importante en febrero-marzo-abril, y el otro en noviembre, separados por dos períodos de mínimos, el más marcado en época fría (junio, julio, agosto), el otro en diciembre-enero. Por lo que se puede considerar que el fitoplancton evoluciona de manera independiente en las dos cuencas lacustres.

La comparación de los resultados obtenidos aquí con estudios anteriores resulta difícil por los pocos datos cuantitativos que existen hasta ahora sobre el fitoplancton de la totalidad del lago boliviano. Solamente el trabajo de LAZZARO (1982) proporciona elementos interesantes sobre las biomazas que existen durante un ciclo anual (1979-80) en el Lago Menor. Comparando los resultados, se destaca que las biomazas observadas de 1985 a 1987 son más elevadas, aún considerando que los biovolúmenes estimados en 1980 son biovolúmenes plásmicos mientras que los resultados de nuestro estudio son expresados en biovolúmenes celulares. De esta manera, las biomazas presentes en el epilimnion se reparten entre 300 y 1500 mg.m^{-3} en 1979-80 y las biomazas medias observadas en la totalidad del Lago Menor varían entre 485 y 1932 mg.m^{-3} en el curso de los seis muestreos realizados entre 1985 y 1987. Además el análisis de composición de las biomazas muestra diferencias notables entre estos dos períodos. En 1979-80, en Chúa y Sukuta (aproximadamente en las estaciones 6 y 9) tomadas como estaciones de referencia, las Clorofitas son siempre el grupo más dominante en los poblamientos, las Dinofíceas vienen segundas, luego las Diatomeas y las Cianofíceas que presentan todo el año porcentajes derisorios; de 1985 a 1987, las Cianofíceas presentan porcentajes apreciables, iguales o algunas veces aún superiores al de las Clorofitas, como en junio de 1985, abril de 1986, y octubre de 1986 en toda la parte norte del Lago Menor.

Después de los meses de marzo-abril 85, época en que el plancton vegetal tenía una composición idéntica a la descrita por Lazzaro con una fuerte predominancia de las Clorofitas, los poblamientos han evolucionado con un desarrollo importante de las Cianofíceas.

Del total de las estadísticas de los poblamientos, es posible definir las zonas ecológicas existentes. En el presente caso, las correlaciones entre los poblamientos existentes no han sido calculadas y la zonación que aquí presentamos ha sido establecida según la comparación de la composición cualitativa de poblamientos y porcentajes observados por grupos grandes de algas y tamaño de los organismos (fig. 7).

La primera zona definida comprende la parte norte del Lago Menor; abarca aproximadamente las estaciones 1 a 15 con excepción de la estación 7 situada a proximidad del estrecho de Tiquina y la estación 13 situada cerca de la desembocadura del río Catari. No se incluye en esta parte a la estación 16. Los poblamientos fitoplanctónicos de esta zona están caracterizados por biomásas elevadas; en esta zona se observan las densidades más fuertes de plancton vegetal por unidad de volumen. Los grupos dominantes son ya sea las Clorofitas (marzo-abril de 1985, diciembre de 1985, febrero de 1987) o las Cianofíceas (junio de 1985, abril de 1986, octubre de 1986). El porcentaje de las Diatomeas es generalmente más bajo pero puede alcanzar en todas las estaciones un promedio de 15,7 % en junio de 1985 o 12,9 % en diciembre del mismo año. Las proporciones de las Pirrofitas son en general de 4 a 7 %; pueden llegar a 13,5 % (junio de 1985) o 24,5 % (diciembre de 1985) como promedio del total de las estaciones.

La segunda zona comprende la parte sur del Lago Menor (estaciones 19 a 28), con excepción de las estaciones 26 y 27 situadas en la desembocadura del río Tiwanaku. Las biomásas son un poco más bajas que en la zona anterior. Las Clorofíceas son siempre dominantes, en segundo lugar vienen las Cianofíceas o Pirrofitas; las Diatomeas están siempre en proporciones bajas (4 a 5 % como promedio de todas las estaciones).

La tercera zona comprende la parte más grande del Lago Mayor boliviano, o sea las estaciones 32 a 52, con excepción de las estaciones 43 y 44 situadas en la desembocadura del río Suhez. Las biomásas algales son ahí mucho más bajas (12 a 135 mg.m³ en promedio) que en las otras dos zonas. Las Clorofitas predominan en los poblamientos en marzo-abril 1985, junio de 1985 y octubre de 1986. Las Cianofíceas son dominantes en diciembre de 1985, abril de 1986 y febrero de 1987, o sea durante el período de

verano. Las Pirofitas están siempre en porcentajes más bajos (1 a 3 % en promedio) excepto en octubre de 1986 donde el porcentaje medio de este grupo en las diferentes estaciones es 12 %. Las proporciones de las Diatomeas en la biomasa son solamente importantes en el período de desaparición de la termoclina (19,4 % de promedio en junio de 1985).

A estas tres grandes zonas hay que agregar algunas regiones de superficie más reducida que presentan caracteres idénticos pero que pueden ser repartidas en las grandes zonas anteriormente definidas. Se distingue :

- Una región de transición entre el Lago Menor y Lago Mayor situada a proximidad del estrecho de Tiquina; ella incluye las estaciones 7 y 30. La biomasa algal presente y la composición de ésta son allí frecuentemente intermeditarias entre las del Lago Mayor y Lago Menor.

- Las regiones perideltaicas situadas en el Lago Menor en el emplazamiento de las estaciones 13, 17 y 18 (desembocadura del río Catari) y estaciones 26 y 27 (desembocadura del río Tiwanaku) y, en el Lago Mayor en la desembocadura del río Suhez (estaciones 43 y 44). Generalmente, estas regiones presentan en período de crecida un fitoplancton más pobre que en las estaciones vecinas y en época seca, un plancton más rico. Las proporciones de los diferentes grupos son diferentes, estando en general allí los porcentajes de las Pirofitas más elevados que en las zonas vecinas, pudiendo ser todavía este grupo bastante dominante en algunas épocas.

Finalmente existe en el Lago Menor regiones costeras de herbarios que emergen, principalmente de Totoras, donde no se ha efectuado ningún muestreo en el curso de este estudio. Estas regiones que ocupan extensas superficies en la parte boliviana del Lago Menor requerirían estudios particulares que traten sobre el cálculo de los poblamientos periféricos existentes.

5. OBRAS CITADAS

ACOSTA POLO (J.), PONCE HERRERA (A.), 1979. Las algas superficiales del Lago Titicaca (Departamento de Puno, Perú). Universidad Nacional Federico Villarreal. Centro de Investigaciones Pesqueras. Lima 1 : 5-40, 5 pl.

BOULANGE (B.), AQUIZE-JAEN (E.), 1981. Morphologie, hydrographie et climatologie du lac Titicaca et de son bassin versant. Rev. Hydrobiol. Trop. 14 (4) : 269-287.

CARMOUZE (J.P.), ARCE (C.), QUINTANILLA (J.), 1984. Le lac Titicaca : stratification physique et métabolisme associé. Rev. Hydrobiol. Trop., 17 (1) : 3-12.

FRENGUELLI (J.), 1939. Diatomeas del Lago Titicaca. Notas del Museo de la Plata. 4 : 175-196.

ILTIS (A.), 1984. Algues du lac Titicaca et des lacs de la vallée d'Ichu khota (Bolivie). Cryptogamie, Algologie, V. 2-3 : 85-108.

ILTIS (A.), 1987. Datos sobre la temperatura, el pH, la conductibilidad eléctrica y la transparencia de las aguas de superficie del lago Titicaca boliviano. Convenio UMSA-ORSTOM, 19 p., multigr.

ILTIS (A.), COUTE (A.), 1984. Péridiniales (Algae, Pyrrophyta) de Bolivie. Rev. Hydrobiol. Trop., 17, 4 : 279-286.

LAZZARO (X.), 1982. Peuplements, biomasses et productions phytoplanctoniques du lac Titicaca. Thèse doct. 3^e Cycle. Paris : 144 p., multigr.

QUINTANILLA (J.), CALLICONDE (M.), CRESPO (P.), 1987. Documento de Pesca N^o 004 : La Química del Lago Titicaca y su relación con el plancton. Oldepesca. Lima-Perú : 321 p., multigr.

REYSSAC (J.), DAO (N.T.), 1977. Sur quelques pêches de phytoplancton effectuées dans le lac Titicaca (Bolivie-Pérou) en décembre 1976. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., 11 (4) : 285-289.

RICHERSON (P.J.), WIDMER (C.), KITTEL (T.), 1977. The limnology of lake Titicaca (Peru-Bolivia), a large high altitude tropical lake. Inst. Ecology, Univ. California, Davis. 14 : 78 p., multigr.

RICHERSON (P.J.), NEALE (P.J.), WURTSBAUGH (W.), ALFARO (R.), WARWICK (V.), 1986. Patterns of temporal variation in Lake Titicaca. A high altitude tropical lake. I. Background, physical

and chemical processes and primary production. Hydrobiologia,
138 : 205-220.

SMAYDA (T.J.), 1965. A quantitative analysis of the
phytoplankton of the Gulf of Panama. II. On the relationship
between ^{14}C assimilation and diatom standing crop. Bull. Inter-
amer. Trop. Tuna Comm., 9 (7) : 465-531.

TUTIN (T.G.), 1940. The algae. Reports of the Percy Sladen Trust
Expedition to lake Titicaca 1937. Trans. Linn. Soc. Lond. 1
(ser. 3) : 191-202.

Leyendas de figuras

- Fig. 1 Distribución de las biomásas algales superficiales en las diferentes partes del lago Titicaca boliviano. Arriba a la izquierda, en marzo-abril de 1985; arriba a la derecha, en junio de 1985; abajo a la izquierda, en diciembre de 1985; abajo a la derecha, en abril de 1986. En blanco, menos de 50 mg por m^{-3} ; en punteado fino, de 50 a $150 \text{ mg por m}^{-3}$; en punteado grueso, de 150 a $300 \text{ mg por m}^{-3}$; en guiones horizontales, de 300 a $800 \text{ mg por m}^{-3}$; en guiones verticales, de 800 a $1300 \text{ mg por m}^{-3}$; en líneas verticales, de 1300 a $2000 \text{ mg por m}^{-3}$ y en negro, más de $2000 \text{ mg por m}^{-3}$.
- Fig. 2 Distribución de las biomásas algales superficiales en las diferentes partes del lago Titicaca boliviano en octubre de 1986 (a la izquierda), en febrero de 1987 (a la derecha). Las representaciones utilizadas son idénticas a las de la figura 1.
- Fig. 3 Variación de la biomasa algal en el curso del año 1979 (según Lazzaro, 1982) a 5 m de profundidad en la estación 6 (arriba), a 3 m de profundidad en la estación 9 (abajo). Los puntos aislados indican las biomásas medias encontradas para todo el Lago Menor en el curso de nuestro estudio.
- Fig. 4 Distribución por tamaño de algas fitoplanctónicas superficiales en las diferentes partes del lago Titicaca boliviano. Arriba a la izquierda, en marzo-abril de 1985; arriba a la derecha, en junio de 1985; abajo a la izquierda, en diciembre de 1985; abajo a la derecha, en abril de 1986 :
- Algas de menos de $350 \mu^3$: punteado fino, 50 a 70% ; punteado grueso, más de 70% .
- Algas de 350 a $3500 \mu^3$: guiones horizontales, 50 a 70% ; líneas horizontales, más de 70% .
- Algas de 3500 a $10\ 000 \mu^3$: guiones verticales, 50 a 70% ; líneas verticales, más de 70% .

Algas de más de $10\ 000\ \mu^3$: líneas cruzadas, 50 a 70 % ; en negro, más de 70 %.

En blanco, no hay predominancia de una clase de tamaño.

Fig. 5 Distribución por tamaño de algas fitoplanctónicas superficiales en las diferentes partes del lago Titicaca boliviano, en octubre de 1986 (a la izquierda), en febrero de 1987 (a la derecha). Las representaciones utilizadas son idénticas a las de la figura 4.

Fig. 6 Distribución por grupos de algas del fitoplancton superficial en las diferentes partes del lago Titicaca boliviano. Arriba a la izquierda, en marzo-abril de 1985; arriba a la derecha, en junio de 1985; abajo a la izquierda, en diciembre de 1985; abajo a la derecha, en abril de 1986.

Cianofíceas : en punteado, 50 a 70 %; en negro, más de 70 %.

Clorofitas : en guiones verticales, 50 a 70 %; en líneas verticales, más de 70 %.

Pirrofitas : en guiones horizontales, 50 a 70 %; en líneas horizontales, más de 70 %.

Diatomeas : en cruz, 50 a 70 %.

En blanco, no hay predominancia clara de un grupo de algas.

Fig. 7 Distribución por grupos de algas del fitoplancton superficial en las diferentes partes del lago Titicaca boliviano en octubre de 1986 (a la izquierda), en febrero de 1987 (a la derecha). Las representaciones utilizadas son idénticas a las de la figura 6.

Fig. 8 Zonación ecológica del lago Titicaca boliviano : 1, zona norte del Lago Menor; 2, zona sur del Lago Menor; 3, Lago Mayor boliviano. En líneas verticales, las regiones perideltaicas; en punteado, la región de transición entre el Lago Mayor y Lago Menor.

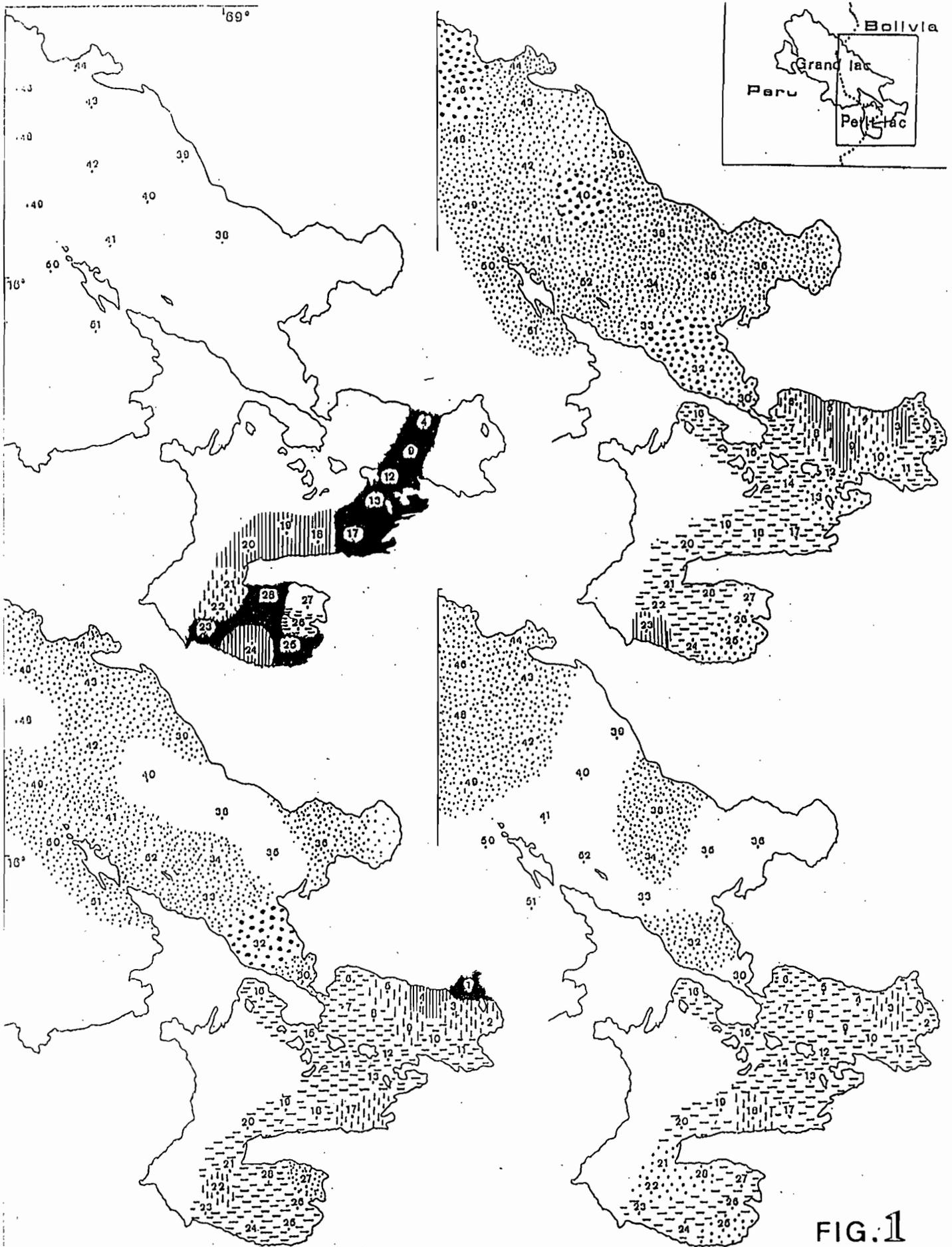


FIG. 1

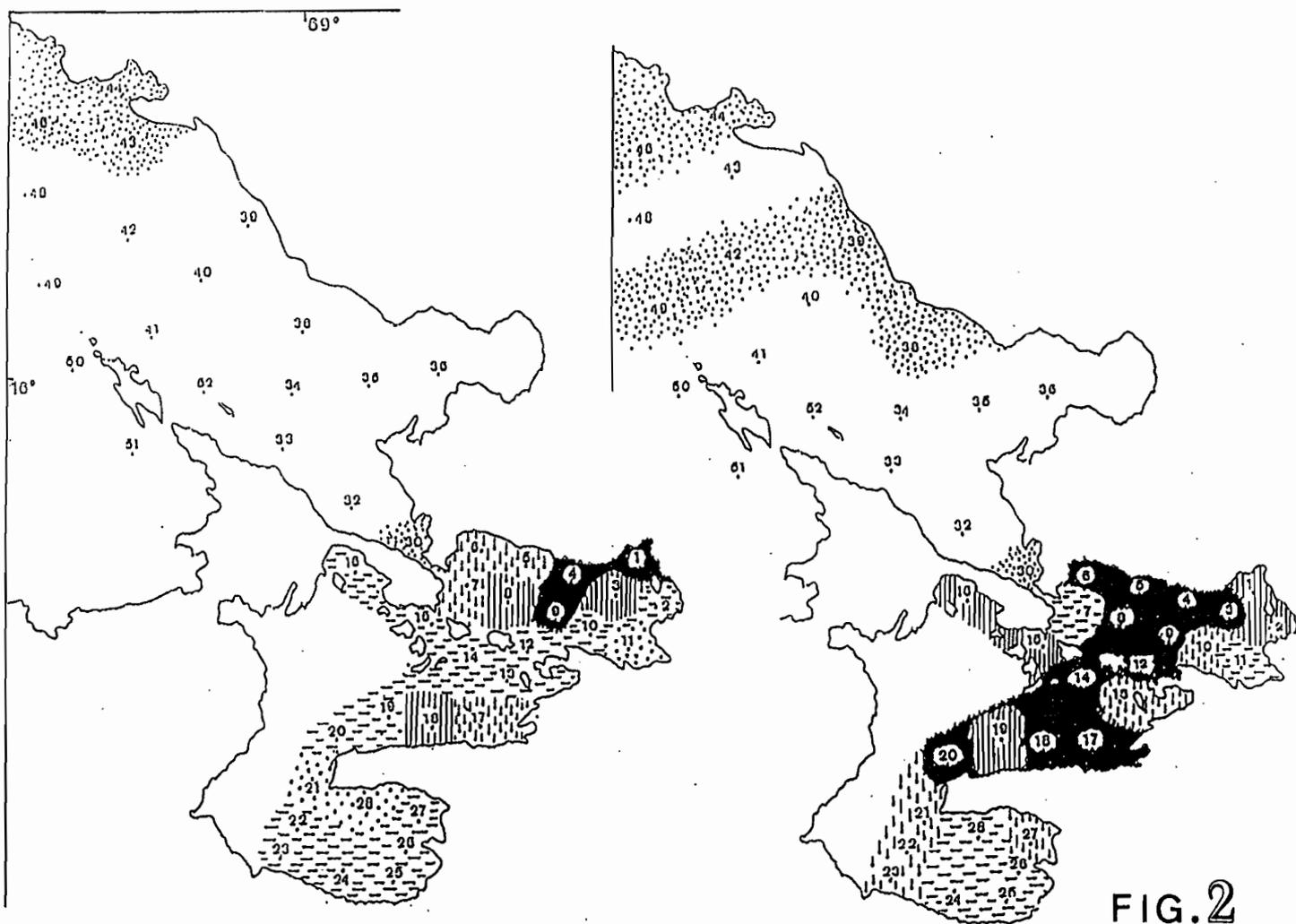
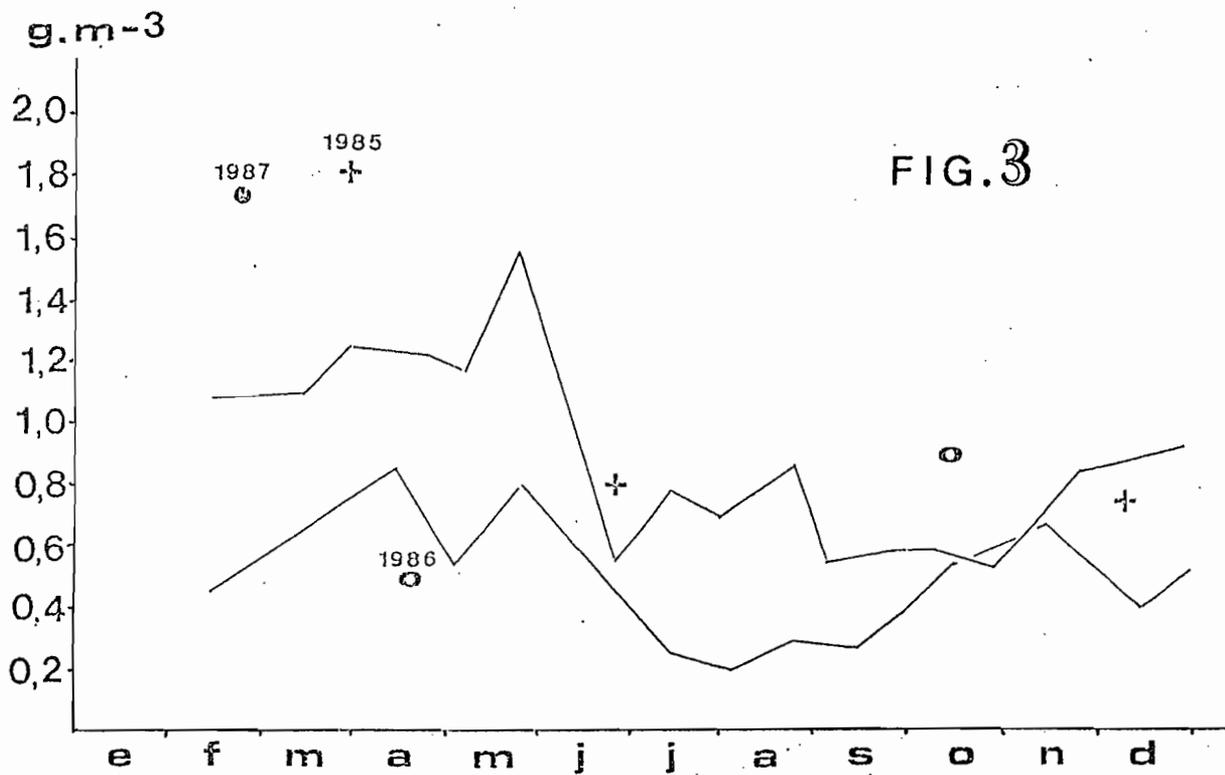


FIG. 2



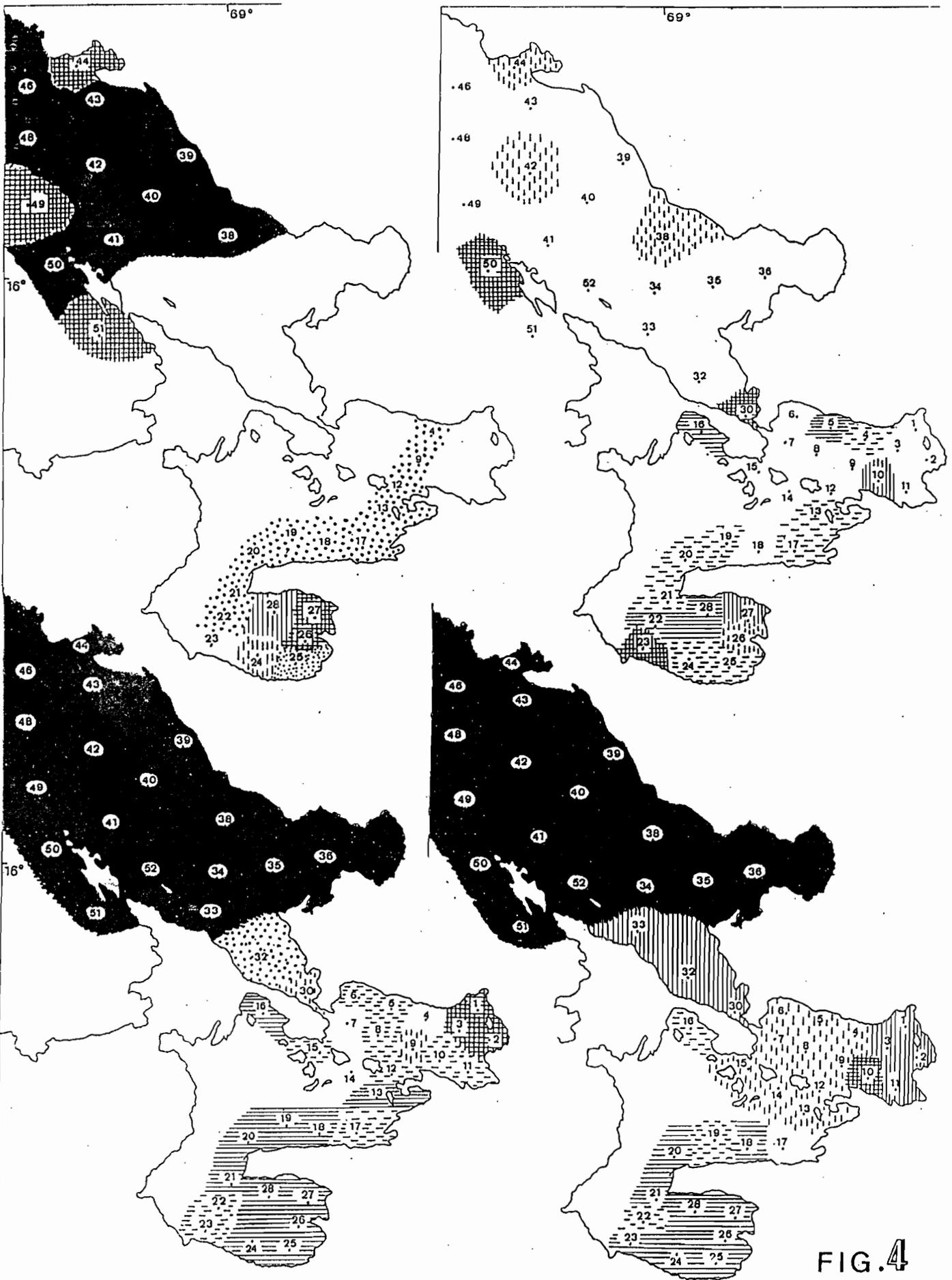


FIG. 4



FIG. 5

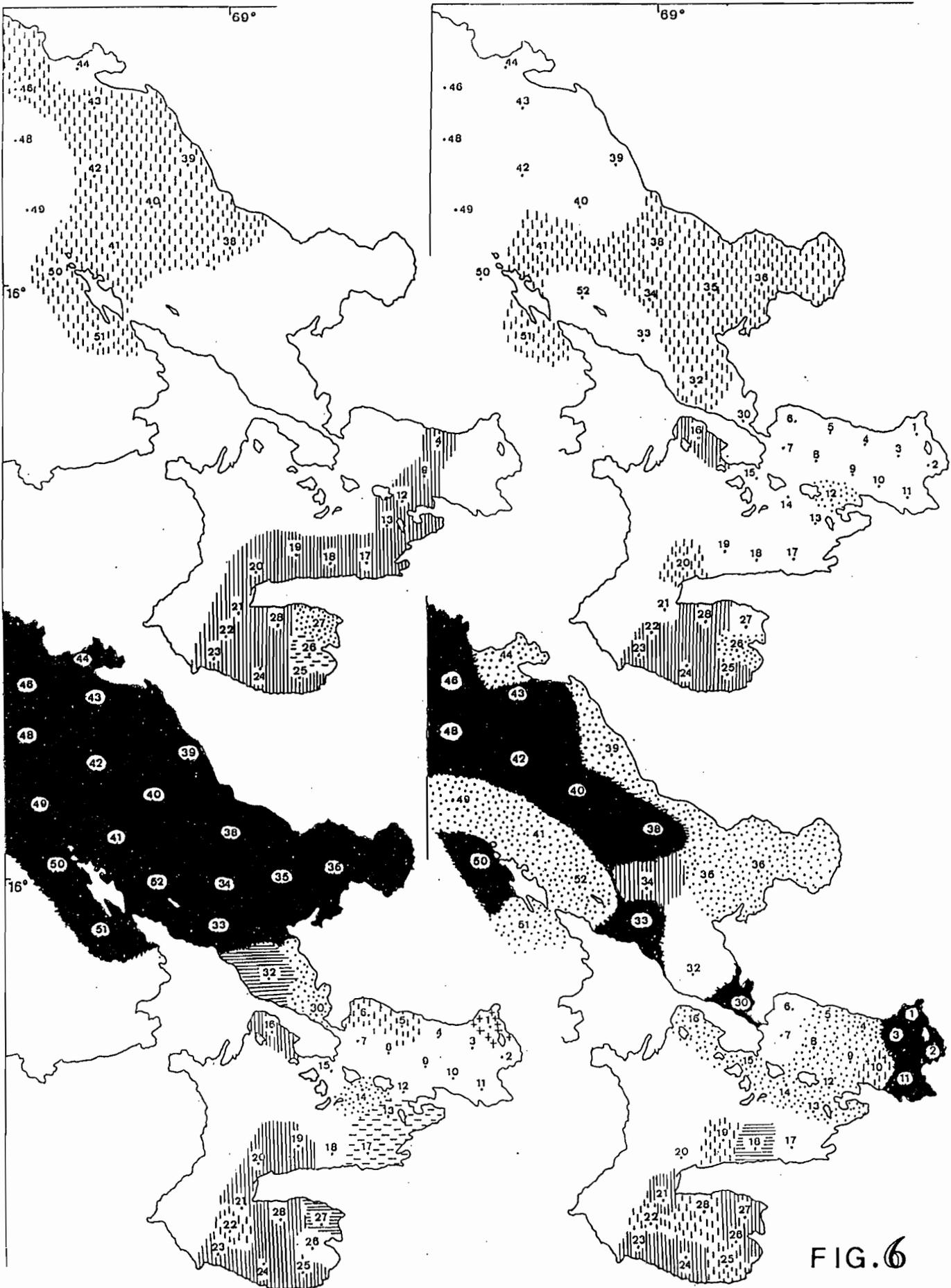


FIG. 6

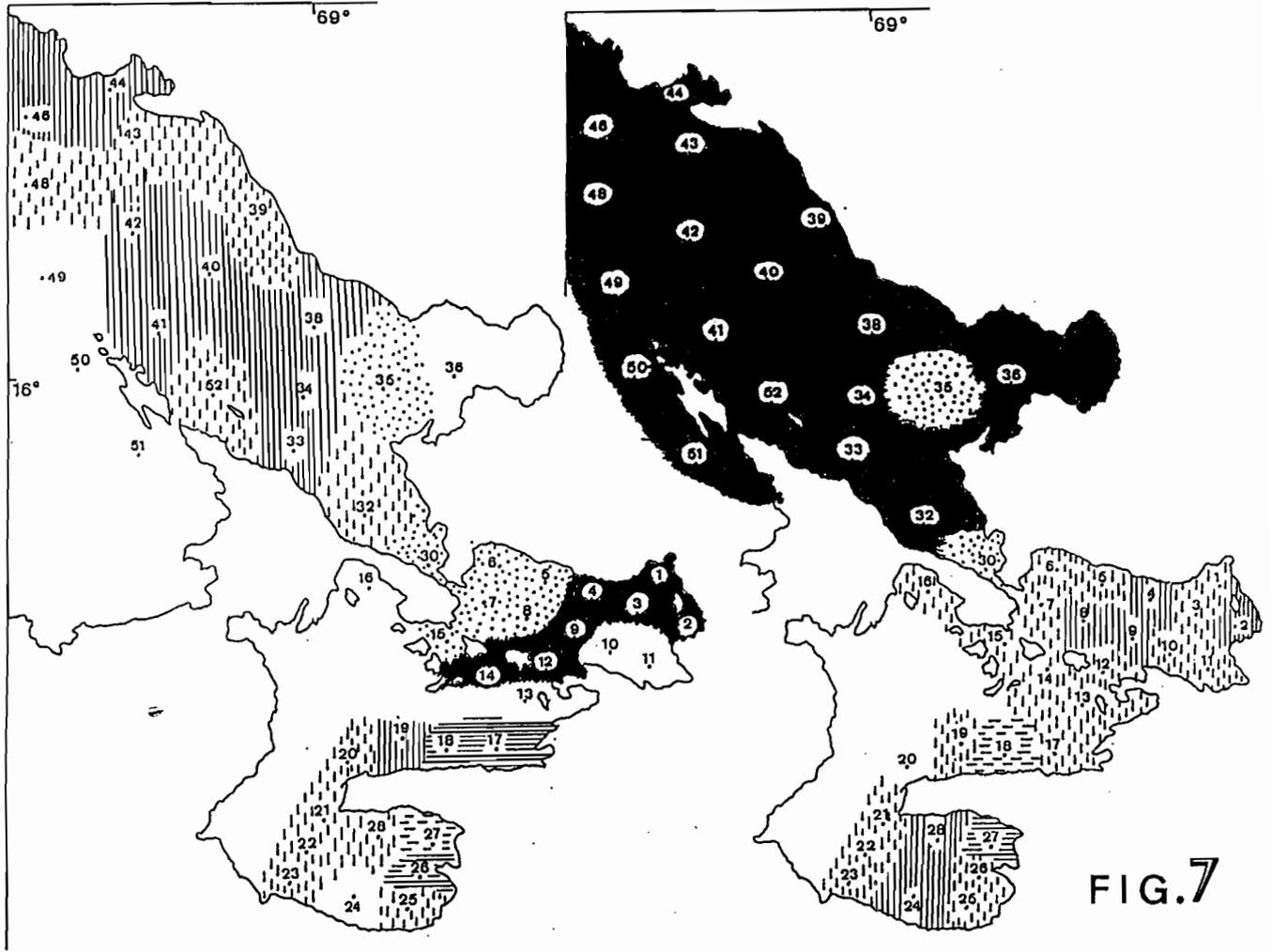


FIG. 7

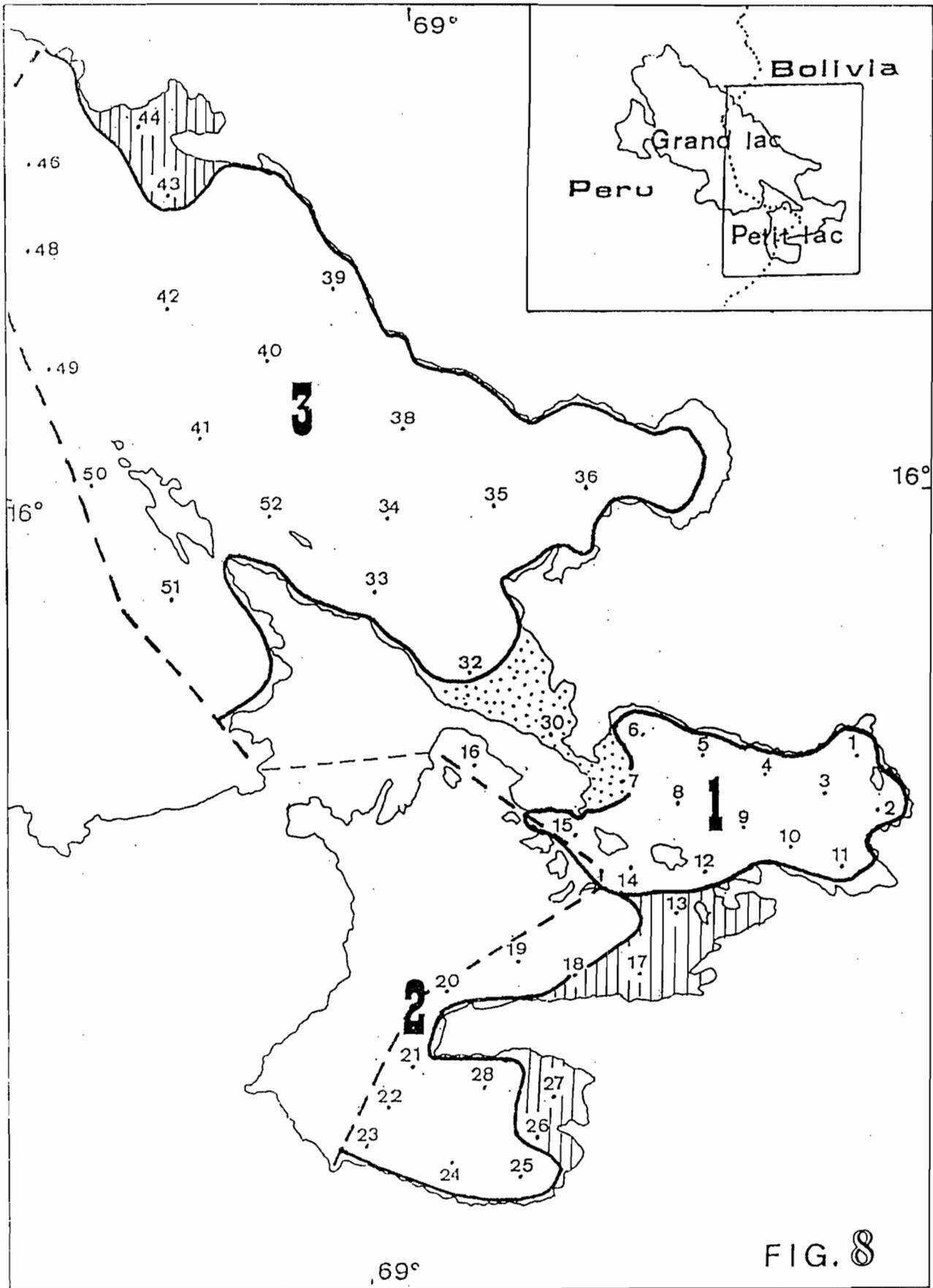


FIG. 8

DIRECTION GÉNÉRALE
213, rue La Fayette - 75480 Paris Cedex 10

CENTRE ORSTOM BONDY
70, route d'Aulnay - 93140 Bondy

CENTRE ORSTOM MONTPELLIER
Institut Agronomique Méditerranéen
3191, route de Mende - 34060 Montpellier Cedex