

# Consideraciones estadísticas sobre algunos parámetros oceanográficos en la región de afloramiento del NW de África \*

por

MARTA ESTRADA y FERNANDO VALLESPINÓS \*\*

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se ha elaborado una colección de datos obtenidos durante la campaña oceanográfica ATLOR II, realizada en el mes de marzo de 1973 en la región de afloramiento del NW de África. Los objetivos de este estudio han sido obtener una visión general del comportamiento de ciertos parámetros, sin entrar en detalles finos, y considerar la posibilidad de reemplazar algunos datos de obtención laboriosa (materia particulada, recuentos de fitoplancton...) por otros de adquisición inmediata aunque sea en unidades menos convencionales o que tienen menos sentido directo para el biólogo (contadores de partículas, fluorescencia...). Con ello no se intenta invalidar a los primeros, sino únicamente disponer de unos métodos de análisis rápido de ciertas propiedades de las poblaciones fitoplanctónicas que puedan acompañar a los valores físicos y químicos obtenidos en continuo.

En un trabajo de MARGALEF (1967) se valoran justamente las objeciones que pueden surgir ante un enfoque de este tipo y se hacen ciertas consideraciones que deben tenerse en cuenta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo con 17 variables (cuadro 1); se utilizaron además algunos cocientes que engloban pares de estos parámetros. En la mayor parte de los mismos se disponía de 148 observaciones

\* Recibido el 14 de noviembre de 1974.

\*\* Instituto de Investigaciones Pesqueras. Paseo Nacional, s/n. Barcelona-3.

correspondientes a cuatro profundidades hidrográficas de cada una de las 37 estaciones (superficie 10, 20 y 50 metros). Únicamente se ha trabajado con estos niveles puesto que sólo en ellos se disponía de los análisis de pigmento y material particulado.

Los recuentos de partículas se realizaron mediante un contador Coulter (MARGALEF, 1974a). A partir de ellos se calculó el volumen total de partículas de acuerdo con la función de transformación del aparato. En un trabajo anterior (ESTRADA, 1974) se recogen los valores de clor. *a* e índice  $D_{430}/D_{665}$ . Los valores de nitrógeno particulado, índice de heterotrofismo y densidad óptica a 260 nm como estima de la presencia de ciertas clases de materia orgánica pueden encontrarse en este mismo volumen (VALLESPINÓS y ESTRADA, 1975), así como los de carbono particulado (FRAGA, 1975) y los recuentos de fitoplancton (MARGALEF, 1975). Mediante cálculos efectuados previamente se vio que sólo era aconsejable la transformación logarítmica en el caso de la materia orgánica ( $D_{260}$ ) y el índice de heterotrofismo.

## CUADRO 1

Parámetros utilizados en las correlaciones

<i>Descripción</i>	<i>Designación</i>	<i>Transformación usada en el cálculo de las correlaciones</i>
Recuento de partículas part/ml	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Canal 1 de trabajo de Coulter (tamaño } 34,6 \mu\text{m)} \\ \text{Canal 2 (21,8 } \mu\text{m) menos Canal 1} \\ \text{Canal 3 (13,7 } \mu\text{m) menos Canal 2} \\ \text{Canal 4 ( 8,6 } \mu\text{m) menos Canal 3} \\ \text{Canal 5 ( 6,8 } \mu\text{m) menos Canal 4} \\ \text{Canal 6 ( 5,4 } \mu\text{m) menos Canal 5} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \end{array} \right.$
Nitrógeno particulado en $\mu\text{gr-at/l}$		NP
Índice de heterotrofismo		Heter. = ln (Heter.)
Materia orgánica (densidad óptica a 260 $\mu\text{m}$ )		M. Org. = ln (M. Org.)
Carbono particulado en $\mu\text{gr-at/l}$		CP
Clorofila <i>a</i> , en $\text{mg/m}^3$		Clor <i>a</i>
Índice $D_{430}/D_{665}$		D/D
Volumen total de partículas		VT
$VT = X_1 * 42.000 + X_2 * 10.250 + X_3 * 2.625 + X_4 * 665 + X_5 * 338 + X_6 * 164 \mu\text{m}^3$		
Fitoplancton total	Cel/ml	Fito.
Diatomeas	Cel/ml	Diat.
Dinoflageladas	Cel/ml	
Cociente diatomeas/dinoflageladas		Dt/Df

El análisis estadístico ha incluido correlaciones lineales entre cada par de variables, y determinación de ecuaciones de regresión múltiple entre series de parámetros seleccionados. Los cálculos se han realizado con el ordenador IBM 1130 del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona.

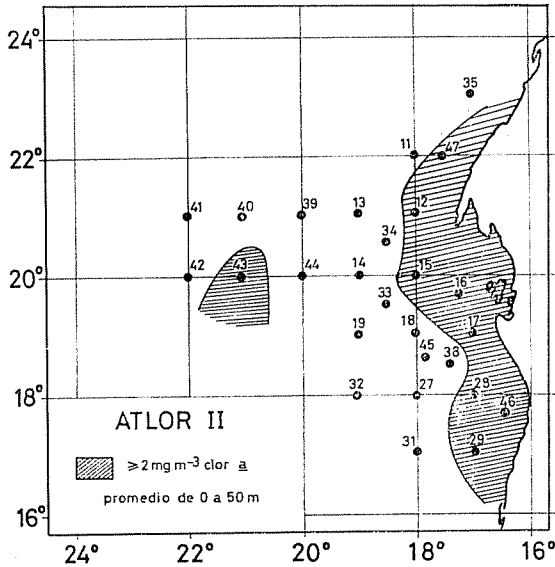


FIG. 1. — División de la zona estudiada en dos grupos de estaciones atendiendo a la distribución de algún parámetro de productividad. En este caso se escogió la clorofila *a* considerando como estaciones «ricas» a aquellas con una concentración igual o superior a  $2 \text{ mg m}^{-3}$  (promedio de 0 a 50 metros).

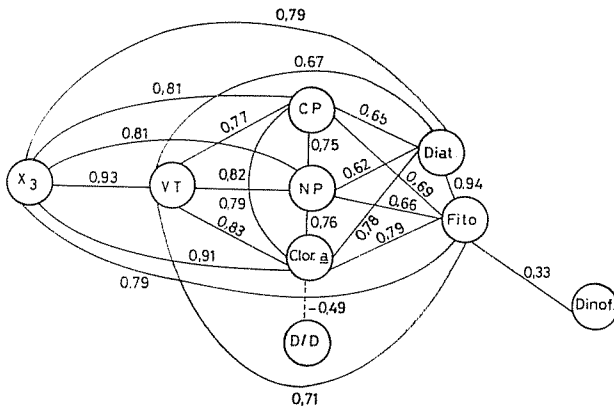


FIG. 2. — En la figura se representan los valores de correlación lineal entre varios de los parámetros utilizados. A fin de no complicar excesivamente el esquema, se utiliza sólo un canal de recuento de partículas.

## CAUDRO 2

Coeficientes de correlación lineal entre los distintos parámetros definidos en el cuadro 1

<i>Part. 1</i>	<i>Part. 2</i>	<i>Part. 3</i>	<i>Part. 4</i>	<i>Part. 5</i>	<i>Part. 6</i>	<i>N.P.</i>	<i>M. Org.</i>	<i>Heter.</i>	<i>C.P.</i>	<i>Clor. a</i>
	<u>0,53</u>	<u>0,62</u>	0,46	0,36	0,33	<u>0,53</u>	0,21	0,18	<u>0,53</u>	<u>0,65</u>
		<u>0,80</u>	<u>0,69</u>	<u>0,64</u>	<u>0,54</u>	<u>0,72</u>	0,35	0,28	<u>0,64</u>	<u>0,67</u>
			<u>0,74</u>	<u>0,70</u>	<u>0,58</u>	<u>0,81</u>	0,30	0,28	<u>0,81</u>	<u>0,91</u>
				<u>0,87</u>	<u>0,81</u>	<u>0,67</u>	0,43	0,33	<u>0,59</u>	<u>0,64</u>
					<u>0,93</u>	<u>0,66</u>	0,40	0,24	<u>0,64</u>	<u>0,59</u>
						<u>0,57</u>	0,37	0,24	<u>0,56</u>	<u>0,49</u>
							0,27	0,14	<u>0,75</u>	<u>0,76</u>
								<u>0,74</u>	0,23	<u>0,28</u>
									0,24	<u>0,29</u>
										<u>0,79</u>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 2 muestra los coeficientes de correlación lineal entre las variables consideradas, en las condiciones especificadas en el cuadro 1. El número de datos que ha entrado en el cálculo oscila entre 88 y 148, excepto en los casos en que interviene el índice de heterotrofismo, para el que sólo se disponía de 65 observaciones. Existe una correlación alta entre todos los parámetros que pueden considerarse, al menos en parte, como indicadores de biomasa planctónica: nitrógeno y carbono particulados, clorofila *a*, volumen total de partículas, recuentos de partículas (figura 2). El número total de diatomeas está también fuertemente ligado a este grupo; las dinoflageladas, en cambio, presentan correlaciones mucho más bajas con todas estas variables, como corresponde a su mayor abundancia relativa lejos de las zonas de afloramiento, en regiones de menor productividad (MARGALEF, 1974b). Llama la atención la elevada corre-

<i>D/D</i>	<i>V.T.</i>	<i>Fito.</i>	<i>Diat.</i>	<i>Dinof.</i>	<i>Dt./Df.</i>	
— 0,35	<u>0,67</u>	<u>0,68</u>	<u>0,67</u>	0,20	0,38	Partículas 1
— 0,40	<u>0,90</u>	0,45	0,38	0,20	0,07	Partículas 2
— 0,44	<u>0,93</u>	<u>0,79</u>	<u>0,79</u>	0,21	0,32	Partículas 3
— 0,46	<u>0,88</u>	<u>0,60</u>	<u>0,55</u>	0,22	0,17	Partículas 4
— 0,49	<u>0,82</u>	0,39	0,34	0,27	0,05	Partículas 5
— 0,49	<u>0,74</u>	0,30	0,23	0,19	0,01	Partículas 6
— 0,34	<u>0,82</u>	<u>0,66</u>	<u>0,62</u>	0,28	0,11	Nitrógeno Particulado
— 0,25	0,38	0,22	0,24	0,01	— 0,05	Materia Orgánica (ln.)
0,01	0,32	0,12	0,23	— 0,24	0,10	Heterotrofismo (ln.)
— 0,39	<u>0,77</u>	<u>0,69</u>	<u>0,65</u>	0,28	0,12	Carbono Particulado
— 0,49	<u>0,83</u>	<u>0,79</u>	<u>0,78</u>	0,28	0,27	Clorofila <i>a</i>
	— 0,50	— 0,41	— 0,34	— 0,34	— 0,21	Índice $D_{430}/D_{665}$
		<u>0,71</u>	<u>0,67</u>	0,25	0,24	Volumen total
			<u>0,94</u>	0,33	0,26	Fitoplancton total
				0,17	0,39	Diatomeas
					— 0,14	Dinoflageladas
						Diatomeas/Dinoflageladas

lación entre el índice de heterotrofismo y la estima de la concentración de materia orgánica, como ya se comentó en un trabajo anterior.

Los recuentos de partículas de los seis canales del Coulter Counter ofrecen la posibilidad de explorar más a fondo las relaciones entre todas estas variables. Un aspecto interesante, aunque con los datos disponibles sólo puede abordarse de forma aproximada, es el estudio de las correlaciones entre la concentración de diatomeas y dinoflageladas y la de partículas de los diversos tamaños. La disparidad de comportamiento entre diatomeas y dinoflageladas sugiere que puede hacerse un análisis algo más fino dividiendo la zona estudiada en dos regiones, de acuerdo con la distribución de alguno de los parámetros de productividad. En este caso, se escogió la concentración de clorofila; se tomaron como estaciones «ricas» las que tenían una concentración de clorofila *a* (promedio entre 0 y 50 metros) mayor o igual a  $2 \text{ mg m}^{-3}$  (ESTRADA, 1974); se consideraron en el grupo «pobre» todas las demás estaciones (fig. 1).

En la figura 3 se han representado gráficamente, para los dos grupos de estaciones, los coeficientes de correlación de carbono y nitrógeno particulado, clorofila *a*, concentración de diatomeas y de dinoflageladas, con los recuentos de partículas (variables  $X_1, \dots, X_6$ ). Los canales se han señalado en abcisas de acuerdo con el tamaño medio de las partículas contadas en cada uno. Para realizar los cálculos se han tomado sólo las muestras en las que se disponía de todos los parámetros utilizados (en total, 57 para las estaciones pobres y 29 para las ricas). Quedan excluidas las estaciones 34, 14, y las repeticiones de la 12 y la 45.

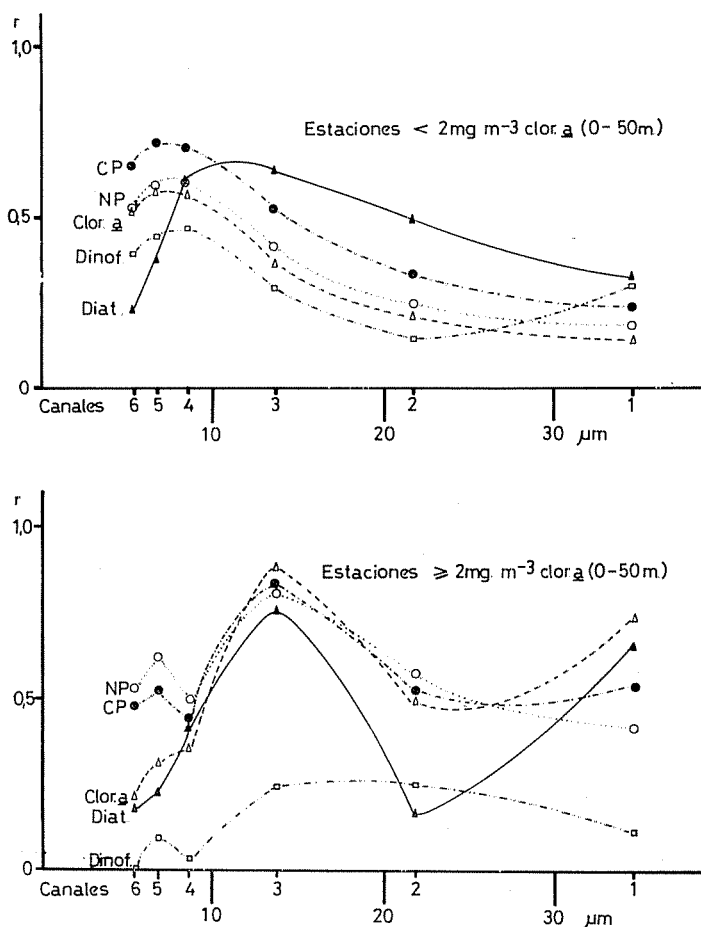


FIG. 3. — Coeficientes de correlación de carbono y nitrógeno particulado, clorofila *a*, concentración de diatomeas y dinoflageladas con los recuentos de partículas para los dos grupos de estaciones. Se indica también el tamaño medio de las partículas contadas en cada canal.

En las estaciones pobres se observa un comportamiento similar de todas las variables, excepto las diatomeas; las correlaciones más altas se hallan desplazadas hacia los tamaños menores de partículas. Una transformación logarítmica de los parámetros afecta ligeramente a los valores numéricos de las correlaciones, pero no modifica esencialmente la forma de las curvas. En las estaciones ricas, en cambio, son las dinoflageladas las que se alejan del perfil mostrado por las demás variables; sus correlaciones con los diversos canales son, además, muy bajas. Es interesante señalar los picos a nivel de los canales 1 y 3 (34,6 y 13,7  $\mu\text{m}$  de diámetro promedio, respectivamente), que sugieren que gran parte, al menos, de las poblaciones de partículas de estos tamaños estaban formadas por diatomeas. La importancia de las células de mayor tamaño en la zona de afloramiento había sido ya señalada por MARGALEF (1974a) en un estudio sobre la distribución de las partículas.

## CUADRO 3

Cociente desviación típica/media para los recuentos de partículas (variables  $X_1 - X_6$ ),

Variable	Estaciones «ricas»	Estaciones «pobres»
	(Clor. a $\geq 2 \text{ mg m}^{-3}$ ) s/m	(Clor. a $< 2 \text{ mg m}^{-3}$ ) s/m
$X_1$	3,06	1,40
$X_2$	1,76	2,29
$X_3$	2,34	1,20
$X_4$	1,08	1,00
$X_5$	1,07	0,89
$X_6$	1,06	0,78

Un aspecto importante que puede considerarse es la utilización empírica de datos que puedan obtenerse en registro continuo o de manera muy rápida (fluorescencia, recuento de partículas). Una medida de la variación relativa de un parámetro puede ser útil para detectar situaciones interesantes. En el cuadro 3 se da, como ejemplo, la relación *desviación típica/media* para los seis canales de recuento de partículas. Puede claramente apreciarse la diferente distribución de los valores en los dos grupos de estaciones. Puede lograrse un intento de predicción utilizando ecuaciones de regresión; en el cuadro 4 se detallan las ecuaciones de regresión múltiple obtenidas empleando los recuentos de partículas como variables independientes. Evidentemente, es necesario realizar repetidos estudios para determinar el rango de validez de ecuaciones de este tipo, pero pueden ser útiles para comparar datos en ocasiones en que se necesite, para fines de control, por ejemplo, obtener de manera muy rápida información sobre una zona extensa.

## CUADRO 4

Ecuaciones de regresión múltiple para diversos parámetros, tomando los recuentos de partículas como variables independientes

*Estaciones «ricas»* (Clor.  $a \geq 2 \text{ mg m}^{-3}$ )

Número de casos 29

*Coefficiente de  
correlación  
múltiple*

0,91	$NP = 10^{-3} (-136,05 X_1 + 6,29 X_2 + 7,72 X_3 - 1,45 X_4 - 0,15 X_5 + 1,07 X_6) + 1,35565$
0,90	$CP = 10^{-3} (-451,68 X_1 + 28,18 X_2 + 49,95 X_3 - 10,71 X_4 - 8,17 X_5 + 11,25 X_6) + 13,16457$
0,91	$\text{Clor. } a = 10^{-3} (13,60 X_1 - 0,76 X_2 + 17,55 X_3 - 1,41 X_4 - 4,32 X_5 + 2,16 X_6) + 5,34718$
0,94	$\text{Diat.} = 0,909 X_1 - 3,224 X_2 + 0,984 X_3 + 0,415 X_4 - 0,288 X_5 - 0,027 X_6 + 101,239$

*Estaciones «pobres»* (Clor.  $< 2 \text{ mg m}^{-3}$ )

Número de casos: 57

*Coefficiente de  
correlación  
múltiple*

0,66	$NP = 10^{-3} (-40,49 X_1 - 0,46 X_2 + 5,01 X_3 + 0,82 X_4 + 0,58 X_5 + 0,24 X_6) + 0,36999$
0,80	$CP = 10^{-3} (-188,34 X_1 - 28,67 X_2 + 34,13 X_3 + 2,90 X_4 + 4,92 X_5 + 2,18 X_6) + 5,82304$
0,62	$\text{Clor. } a = 10^{-3} (-48,65 X_1 - 6,02 X_2 + 4,78 X_3 + 0,77 X_4 + 0,73 X_5 + 0,40 X_6) + 0,28994$
0,76	$\text{Diat.} = -0,984 X_1 + 0,235 X_2 + 0,270 X_3 + 0,195 X_4 - 0,016 X_5 - 0,040 X_6 - 6,701$



## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Dres. F. FRAGA y R. MARGALEF que nos hayan facilitado datos obtenidos por ellos para la elaboración del presente trabajo.

## SUMMARY

STATISTICAL CONSIDERATIONS ON SOME OCEANOGRAPHICAL PARAMETERS IN THE UPWELLING REGION OF NW AFRICA. — Observations collected during the cruise ATLOR II, in March 1973, have been statistically elaborated. The variables included are Coulter Counter counts of particles of six different average sizes, total volume of particles, particulate carbon and nitrogen, chlorophyll *a*, pigment index ( $D_{430}/D_{663}$ ), number of diatoms, dinoflagellates and total phytoplankton,  $^{14}\text{C}$ -glucose assimilation and an estimate of dissolved organic matter. Linear correlation coefficients between these parameters are given and discussed. As an example of utilization of parameters of immediate acquisition for prediction of others of biological significance, multiple regression equations are given for several of the parameters, using the six channels of particle counts as independent variables.

## BIBLIOGRAFÍA

- ESTRADA, M. — 1974. Photosynthetic pigments and productivity in the upwelling region of NW Africa. *Téthys*, 6 (1-2): 247-260.
- FRAGA, F. — Distribución del carbono orgánico particulado en la región de afloramiento del NW de África y su relación con el nitrógeno particulado. I. Marzo 1973. En prensa.
- MARGALEF, R. — 1967. Correlaciones entre parámetros oceanográficos del Caribe. *Inv. Pesq.*, 31: 1-15.
- 1974a. Distribution du seston dans la region d'affleurement du NW de l'Afrique en Mars de 1973. *Téthys*, 6 (1-2): 77-88.
- 1974b. *Ecologia*. Omega. Barcelona.
- 1975. Composición y distribución del fitoplancton marino en la región de afloramiento del NW de África, en marzo de 1973 (Campana «Atlor II» del «Cornide de Saavedra»). *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, 4: 145-170.
- VALLESPINÓS, F. y ESTRADA, M. — 1975. Nitrógeno particulado en la región de afloramiento del NW de África. Distribución y relaciones con otros parámetros. *Ibid.*, 4: 131-144.