

Análisis de la distribución de pigmentos en una superficie higropétrica.

MANUEL CRESPO y CARLOS A. GRACIA

Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona

INTRODUCCIÓN

En las proximidades de las fuentes, arroyos o pequeños cursos de agua que presenten una cierta constancia, es corriente observar una zona no sumergida que recibe las salpicaduras y sobre la que circula, con frecuencia, una fina película de agua. Estos enclaves constituyen zonas de transición entre las partes sumergidas y las partes más secas alejadas del curso acuoso. Tales superficies, denominadas higropétricas, constituyen el sustrato donde se asientan comunidades en cuya composición predominan algas, hepáticas y musgos.

Debido a su carácter de zona de transición y a la existencia de gradientes muy acusados, principalmente de humedad, tales superficies constituyen un material idóneo para el análisis de distribuciones espaciales, estudio de fenómenos de competencia y ensayo de aplicación de modelos.

En el presente trabajo presentamos algunos resultados obtenidos en el estudio de una de estas superficies. Estos resultados deben de considerarse como parciales, en tanto que en la misma superficie se están ensayando algunos métodos de trabajo cuyos resultados se ofrecerán en su momento.

El análisis de pigmentos, al que prestamos aquí la máxima atención, ofrece algunas dificultades de interpretación. ESTRADA y VALLESPINÓS (1976), han llevado a cabo un intento de análisis de pigmentos por componentes principales sobre muestras de plancton. La ventaja del muestreo sobre una superficie fija radica en la localización precisa de cada muestra, que permite una represen-

tación rigurosa y una interpretación en términos topográficos muy difícil de aplicar cuando se trata de muestras de plancton, dada su movilidad.

La superficie higropétrica que ha servido para este estudio se localiza en las proximidades de Aiguafreda de Dalt (Barcelona). Situada en un talud vertical de 5 m de altura y 8 m de anchura, tiene forma cóncava, orientada hacia el sur y atravesada por su parte izquierda por un pequeño curso de agua que cae verticalmente. Su origen es artificial y se debe a la construcción de un sistema de regulación de aguas para una urbanización que se encuentra en las proximidades. El caudal de agua que la atraviesa es muy variable debido a la existencia de un pozo de almacenamiento que regula el flujo, por lo que en un mismo día puede experimentar bruscas variaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la toma de muestras se utilizó un cilindro metálico de 14 mm de diámetro que se clavaba en el sustrato sobre el lugar del que se quería extraer la muestra. De esta manera se obtuvieron muestras de superficie perfectamente equivalente, lo que permitía la comparación de datos. Las muestras se tomaron a lo largo de líneas horizontales separadas entre sí 25 cm y a intervalos regulares de 20 cm, lo que supone situar las muestras en los nudos de una red de 20×25 cm de malla.

El análisis de pigmentos se realizó mediante extracción en frío y a resguardo de la luz durante 24 horas con una mezcla de me-

tanol y N,N-dimetilformamida en partes iguales. Esta mezcla fue adoptada tras estudiar los espectros obtenidos al extraer los pigmentos de un cultivo de *Oscillatoria* con distintas mezclas. El metanol no es un buen extractor de pigmentos proteicos, abundantes en las muestras, dada la presencia de cianofíceas. La adición de la N,N-dimetilformamida refuerza notablemente la parte del espectro correspondiente a la zona en la que absorben estos pigmentos.

Una vez finalizada la extracción, se filtraba a través de un filtro de fibra de vidrio Whatman GF para retener las partículas que pudieran aumentar la turbidez, y el líquido filtrado era leído en un espectrofotómetro de barrido continuo. De esta manera se obtuvieron las curvas espectrales de 134 muestras. Para comparar estas curvas se eligieron 21 puntos significativos del espectro y se midieron los valores de absorción de cada muestra en estos puntos. Con estos datos se elaboró una tabla que constituyó el conjunto de datos de partida utilizado en los análisis posteriores. La tabla I se ha elaborado a partir de aquella y es una selección de los puntos del espectro sobre los que se han elaborado las interpretaciones de los resultados de los análisis, y una indicación acerca de los grupos taxonómicos más abundantes de cada muestra.

El criterio seguido para la elección de los puntos del espectro fue múltiple. Primero se seleccionaron aquellas longitudes de onda que caracterizaban a algunos pigmentos (C-ficoeritrina: 565 nm, alofococianina: 600 y 650 nm, clorofila *a*: 665 nm, α -caroteno: 480 y 465 nm, β -caroteno: 450 nm; RABINOWITCH y GOVINDJEE, 1969). A estos valores se añadieron además los puntos habitualmente utilizados para evaluar concentraciones de pigmentos (RICHARDS y THOMPSON, 1952; PARSONS y STRICKLAND, 1964). Las restantes longitudes de onda se eligieron de forma que cualquier banda del espectro quedara representada de manera tan uniforme como fuera posible. El resultado final de la elección fueron los puntos siguientes: 350, 365, 380, 400, 415, 430, 450, 465, 480, 500, 536, 545, 565, 580, 600, 516, 630, 645, 665, 680 y 700 nm.

El conjunto de datos fue analizado en componentes principales para reconocer las

relaciones entre las variables del espectro. El mismo conjunto de datos fue sometido a un análisis factorial de correspondencias que permite proyectar sobre un mismo plano el conjunto de las variables y el de las muestras, de forma que las variables más correlacionadas entre sí se sitúan más próximas y al mismo tiempo las muestras tienden a agruparse en torno a aquellas variables que pueden explicar la mayor parte de su variabilidad.

Paralelamente, para cada muestra se intentó determinar la composición por especies. Este punto resultó ser, con mucho, el más difícil, dado que la mayor parte de las muestras estaban recubiertas por una concreción de carbonato de calcio depositado, y en muchas ocasiones, sobre todo en las muestras procedentes de los lugares más secos, sólo aparecían pequeños fragmentos de tricomas o unas pocas células de las plantas de musgos. Los depósitos calizos fueron atacados con ácido acético al 5%. Algunas especies se identificaron con garantías y su distribución en la superficie fue localizada con más o menos precisión.

ESPECIES

La determinación de las especies ha supuesto el punto más dificultoso por las razones aducidas. Las especies identificadas regularmente se dan en la lista siguiente:

- Dicranoweisia crispula* Lindb.
- Trentepohlia aurea* L.
- Cladophora fracta* Kützing ampl. Brand.
- Navicula* sp.
- Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli
- Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli
- Chroococcus minor* (Kützing) Nägeli
- Aphanocapsa montana* Cramé
- Aphanocapsa muscicola* (Menegh) Wille
- Cylindrospermum muscicola* (Kützing)
- Phormidium cebennense* Gomont
- Phormidium corium* (Ag.) Gomont
- Rivularia dura* Roth.
- Rivularia* sp.

Para cada muestra se ha seguido un criterio que consistió en señalar el grupo más abundante que la integraba con un signo que ha servido para representarla en la ta-

bla I. El simbolismo utilizado ha sido: M para muestras con predominio de musgos, A para muestras con predominio de algas clorofíceas, C para muestras en las que abundaban las cianofíceas y D para muestras ricas en diatomeas. La asignación de cada muestra a uno de estos grupos se hizo directamente tras la observación al microscopio, y el resultado de cada muestra se resume en la tabla I.

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ESPECTRALES

El conjunto de datos iniciales fue sometido a un análisis de componentes principales con el fin de descubrir las relaciones dentro del conjunto de las 21 variables constituido por las longitudes de onda seleccionadas para leer los espectros.

El universo factorial fue sometido a rotación según el criterio varimax (KAISER, 1968) que fuerza a las variables a aproximarse a unos ejes a costa de rebajar las saturaciones sobre los restantes.

Las figuras 1, 2 y 3 representan la proyección de las variables sobre el espacio de las tres primeras componentes, después de la rotación.

Estas tres primeras componentes resultantes del análisis explican en conjunto el 81,41 % de la varianza total. Sólo la prime-

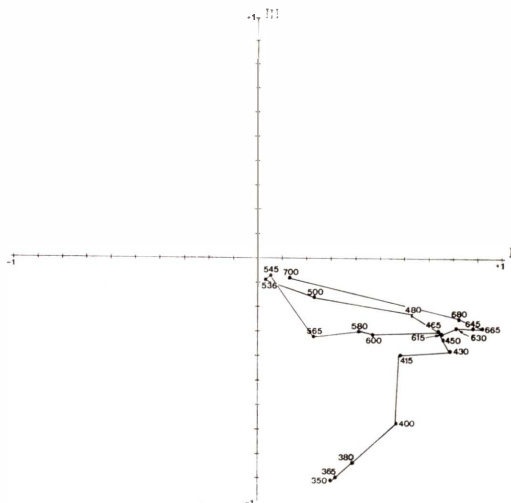


FIG. 2. — Ordenación de las variables sobre las componentes I y III. — *Ordination of the variables on the I and III principal components.*

ra de estas componentes explica el 64,13 % de la dispersión. La segunda recoge el 10,65 % y la tercera el resto, o sea el 6,63 %.

ÍNDICES PIGMENTARIOS Y ORDENACIÓN DE LAS MUESTRAS

En la figura 5 se ha representado el espacio real de los valores del índice D_{430}/D_{665} (MARGALEF, 1960), que expresa el aumento

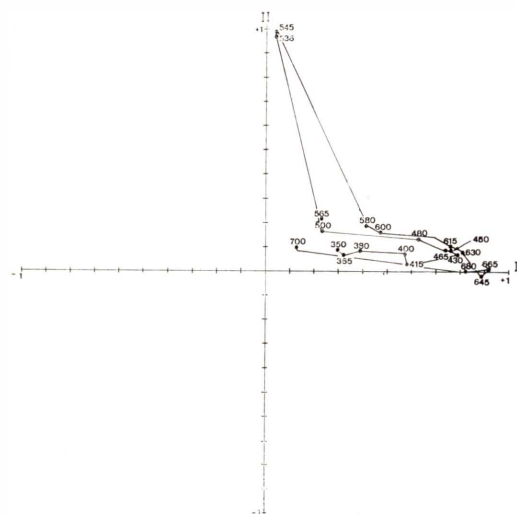


FIG. 1. — Ordenación de las variables sobre las componentes I y II. — *Ordination of the variables on the I and II principal components.*

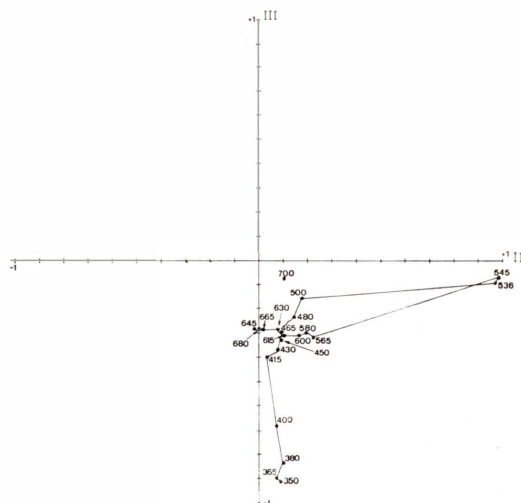


FIG. 3. — Ordenación de las variables sobre las componentes II y III. — *Ordination of the variables on the II and III principal components.*

TABLA 1. Absorbancias en distintos puntos del espectro y dominancia de grupos taxonómicos (G. T.) en las muestras. Densidad óptica de una solución que contiene en 5 ml los pigmentos de 154 mm² del sustrato; medición con cubeta de 1 cm.
Absorbances at different wavelengths and dominance of taxonomic groups (G. T.) in samples. Optic density of a solution which contains in 5 ml the pigments of 154 mm² of substrate; spectrophotometer cell of 1 cm.

		Longitud de onda en nm																				
Muestra	G.T.	350	365	380	400	415	430	450	465	480	500	536	545	565	580	600	615	630	645	665	680	700
1	—	26	16	13	13	15	16	13	13	9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	6	3
2	M	6	6	8	13	19	25	23	22	19	10	6	7	7	7	6	6	6	7	11	4	1
3	M	21	22	29	33	51	63	59	53	48	24	8	7	7	7	7	7	7	8	19	8	1
4	M	13	7	9	19	25	33	33	31	28	19	9	8	8	8	8	7	6	6	11	6	2
5	M	11	11	16	25	36	47	47	42	38	17	6	6	7	7	7	6	7	8	16	7	1
6	M	47	55	68	83	100	110	98	93	75	38	16	14	14	15	15	13	12	15	33	10	2
7	M	123	142	164	179	180	180	160	141	123	92	39	32	26	24	24	22	18	18	33	12	4
8	M	34	35	41	52	67	80	80	74	70	45	26	23	22	22	20	17	15	13	24	10	3
9	M	58	59	67	83	103	116	103	95	80	41	20	18	18	18	19	19	18	21	39	13	4
10	M	4	5	8	12	17	23	22	21	18	11	7	7	7	7	7	5	5	5	9	4	1
11	M	53	65	72	85	87	86	74	66	59	40	17	14	12	11	11	9	9	9	17	8	3
12	M	6	8	14	20	29	36	36	33	31	17	7	6	6	6	6	5	5	6	11	5	1
13	M	1	2	5	10	16	23	22	21	17	10	5	5	6	6	6	5	5	4	8	4	1
14	M	36	44	53	60	65	68	57	55	47	30	15	12	12	12	11	10	9	9	18	7	2
15	M	27	32	40	46	53	60	55	53	45	26	11	10	10	11	10	8	7	8	16	6	1
16	M	22	27	39	57	80	91	86	73	62	23	10	8	9	9	9	10	10	13	33	10	1
17	M	8	8	11	15	21	29	27	28	21	15	7	7	7	7	7	6	6	6	10	5	2
18	M	38	43	50	56	61	65	60	57	52	37	21	20	20	22	22	21	23	23	27	13	7
19	M	76	91	110	120	124	128	105	88	77	54	22	18	16	16	16	14	13	12	29	14	3
20	M	9	13	19	25	31	39	34	30	28	18	8	7	7	7	7	5	5	5	8	6	1
21	M	26	27	32	39	47	56	51	49	42	25	12	9	9	9	9	8	7	7	12	5	1
22	C	46	58	70	92	110	113	92	82	60	33	14	14	14	14	13	13	13	24	36	6	1
23	M	18	21	29	38	47	59	53	49	45	28	13	11	10	10	10	9	8	8	18	8	2
24	M	32	36	44	54	62	73	71	65	58	40	15	12	11	11	9	7	6	7	15	4	2
25	C	88	95	105	129	155	170	145	136	110	63	22	17	16	16	17	16	15	18	47	15	3
26	A	70	82	100	122	145	163	140	128	106	60	20	15	14	15	16	16	14	16	44	18	2
27	M	37	42	56	75	100	128	116	103	92	59	20	19	12	12	12	13	12	13	39	19	3
28	M	43	49	61	76	92	112	104	92	84	57	22	19	17	16	16	14	13	14	30	12	3
29	M	51	60	75	91	108	127	121	111	103	70	23	17	13	13	13	12	11	11	27	13	3

50	M	74	84	101	128	155	169	145	133	112	64	27	23	23	23	21	21	20	22	48	16	4
51	M	37	44	56	72	87	101	89	82	74	47	19	15	12	12	12	12	11	12	32	13	2
52	M	45	52	69	77	89	100	88	84	70	42	19	16	13	13	13	12	11	12	27	9	3
53	M	175	185	190	186	191	197	169	145	126	72	26	21	19	20	20	20	18	22	53	21	3
54	M	38	43	56	74	100	124	113	104	92	55	18	13	14	15	14	15	15	15	33	18	4
55	A	98	118	139	157	169	175	140	119	98	56	22	17	17	17	17	17	16	18	42	11	3
56	A	62	64	75	100	130	150	135	124	100	43	13	11	12	13	13	13	20	44	12	2	
57	M	43	46	57	75	100	124	105	103	90	51	18	13	14	14	13	13	13	14	36	13	2
58	M	30	37	50	80	113	134	115	102	85	48	16	11	12	11	11	11	11	14	36	8	3
59	M	58	66	87	118	155	191	172	152	131	75	23	16	15	16	17	18	18	21	58	20	3
60	M	44	35	40	58	79	100	96	86	71	33	11	10	10	11	11	10	10	12	28	9	2
61	M	38	40	51	68	100	123	106	103	77	40	13	12	13	13	13	15	15	17	37	12	2
62	A	49	55	69	95	125	155	144	115	70	21	16	14	13	13	14	14	14	15	41	19	3
63	M	33	36	49	68	94	119	107	96	84	46	14	10	12	13	13	13	13	15	41	18	2
64	M	38	40	54	78	108	138	128	110	100	47	12	10	10	12	14	14	14	18	50	23	3
65	M	41	47	58	75	90	108	102	92	85	57	18	13	12	13	12	12	11	12	27	12	2
66	M	35	37	43	56	71	91	86	76	68	43	16	13	12	12	12	10	10	10	24	14	2
67	M	57	57	65	82	104	127	116	103	93	55	21	15	16	16	16	15	15	16	39	18	3
68	M	28	31	38	52	67	82	70	69	60	40	17	13	13	13	13	12	12	13	30	8	2
69	A	77	86	109	154	210	244	207	191	150	67	19	17	19	21	23	25	25	34	87	33	5
70	M	76	81	101	135	185	230	193	166	140	155	15	13	14	17	19	22	22	30	82	30	3
71	A	46	54	68	85	105	121	104	94	83	48	13	9	9	9	9	10	10	12	35	12	1
72	A	58	65	80	99	121	139	118	99	88	48	16	11	11	12	13	14	14	17	47	18	2
73	M	62	69	92	135	185	215	172	160	125	160	20	16	19	20	21	24	23	29	80	35	5
74	A	70	72	94	125	185	245	195	180	133	58	13	13	14	18	20	24	24	33	92	35	3
75	M	48	53	65	84	105	124	104	92	80	45	15	13	14	15	13	13	13	15	36	11	2
76	M	23	26	35	51	70	88	73	69	54	29	13	11	12	13	13	13	13	15	43	15	2
77	A	55	63	84	122	177	208	156	133	109	55	15	13	12	14	15	20	20	25	75	20	2
78	M	52	57	76	109	150	181	153	128	110	55	19	17	19	21	22	24	24	28	73	30	4
79	M	42	46	60	72	102	124	102	84	76	50	12	10	11	11	11	13	13	15	44	13	2
80	A	86	104	131	142	150	158	121	105	90	55	20	15	15	15	16	18	17	17	42	19	4
81	A	80	97	104	127	137	138	108	99	80	42	20	15	15	15	15	15	14	18	39	11	2
82	D	105	120	131	162	230	170	141	117	58	16	11	12	14	15	16	19	19	24	76	26	2
83	A	70	76	92	117	157	188	157	134	115	60	19	15	17	19	20	22	22	25	72	35	4
84	C	58	68	86	119	165	211	165	141	120	37	9	9	11	15	17	22	22	34	90	34	1
85	—	49	43	53	70	93	118	102	86	76	38	125	105	11	12	13	14	14	16	45	18	2
86	C	56	62	71	87	102	116	97	85	75	43	2	18	18	18	18	18	17	22	41	14	1
87	A	77	90	104	135	172	201	172	148	134	50	15	13	14	15	16	19	19	16	64	25	2

TABLA I. — Continuación.

Muestra	G.T.	Longitud de onda en nm																				
		350	365	380	400	415	430	450	465	480	500	536	545	565	580	600	615	630	645	665	680	700
68	A	121	132	139	155	182	208	170	147	123	57	22	18	21	22	22	25	25	35	74	26	4
69	A	77	81	90	114	143	172	145	125	107	54	22	18	19	20	20	22	22	32	61	16	2
70	C	73	85	100	131	180	227	185	159	130	37	12	12	14	17	2	25	25	49	92	24	1
71	A	52	65	77	106	140	171	144	129	106	36	12	11	12	14	15	18	19	30	66	22	2
72	A	52	61	74	103	132	155	130	111	99	49	16	13	14	17	19	20	20	28	62	23	3
73	A	46	53	66	95	127	157	134	117	100	37	10	9	10	12	13	16	16	24	58	22	1
74	A	65	70	89	117	160	211	198	163	155	60	15	13	14	17	19	23	23	30	77	42	3
75	C	78	87	96	110	132	156	140	122	109	45	17	15	16	17	17	17	17	25	50	12	1
76	C	46	50	63	81	114	152	134	112	102	34	8	8	9	12	14	19	20	33	66	20	2
77	A	61	61	63	73	90	104	90	80	70	38	17	14	15	15	15	15	15	18	38	14	3
78	C	132	118	121	139	169	190	175	146	135	70	26	21	21	23	24	26	26	34	68	23	1
79	C	74	80	86	104	129	149	115	98	86	40	13	10	11	13	14	17	16	25	63	20	1
80	A	109	106	113	141	181	215	190	152	145	80	22	15	16	18	22	24	24	47	87	17	2
81	C	50	60	76	107	143	172	150	120	110	40	10	9	11	13	14	19	19	32	72	18	2
82	C	49	56	65	90	116	131	105	93	74	28	10	9	11	12	13	15	15	26	53	16	1
83	C	69	74	80	100	121	135	106	88	75	32	10	9	10	12	12	15	15	24	53	15	4
84	D	115	123	130	180	220	177	132	115	70	30	12	12	14	16	18	23	22	30	85	34	3
85	C	59	61	65	81	101	116	90	75	69	35	10	8	9	9	10	12	12	20	46	14	1
85	A	58	65	77	102	142	176	162	130	121	50	11	9	10	13	14	18	18	22	65	38	2
87	C	83	80	83	100	125	146	121	105	95	51	19	13	14	15	16	19	18	22	59	25	3
88	D	187	175	147	110	120	133	115	99	87	36	11	9	10	11	11	12	12	17	40	11	0
89	C	81	86	96	11	549	173	150	130	114	40	14	12	13	15	16	18	18	30	63	20	1
90	D	51	60	66	90	108	110	83	80	50	17	7	7	9	10	11	12	13	20	44	20	2
91	D	52	59	67	95	116	105	86	76	38	12	7	7	9	10	11	12	13	22	46	30	1
92	C	45	53	64	75	84	91	76	69	65	42	14	10	8	8	8	8	7	11	25	9	1
95	A	70	75	81	106	130	149	125	109	95	44	14	12	15	16	18	19	19	30	61	23	2
95	D	100	110	132	187	195	157	134	110	61	32	14	15	17	18	23	23	25	41	88	39	3
95	D	80	88	96	140	166	143	118	100	53	20	10	10	13	15	16	20	20	33	72	40	3
96	A	81	85	94	107	124	139	117	102	94	53	23	18	18	19	19	20	18	22	47	18	2
97	D	88	104	120	170	214	226	164	156	95	31	14	13	17	18	20	24	23	36	89	47	5

98	A	97	102	110	137	150	145	109	97	79	43	15	14	14	14	16	18	18	26	54	26	4
99	C	66	80	91	130	165	180	142	137	85	22	12	12	15	16	20	21	21	38	73	32	3
100	D	88	95	99	122	153	166	133	126	90	33	12	11	13	14	17	19	20	35	68	38	8
101	C	42	50	58	83	108	117	89	84	60	9	7	8	10	12	15	15	16	27	53	20	1
102	A	57	59	65	75	87	93	76	66	60	32	12	9	9	10	10	11	11	13	31	12	1
103	C	65	78	88	124	152	160	117	103	74	30	11	11	13	13	15	17	16	12	61	20	1
104	D	90	100	116	139	128	107	97	79	48	30	14	14	15	15	17	17	17	27	55	20	2
105	D	82	93	107	160	191	165	139	120	65	19	9	10	13	15	19	21	22	40	78	27	2
106	A	76	80	84	98	108	100	83	70	43	24	12	12	13	13	13	13	13	19	36	10	5
107	A	44	53	61	92	116	122	106	103	92	56	16	10	9	9	8	10	10	19	43	16	1
108	C	106	113	125	150	185	210	170	138	128	65	20	15	16	17	18	22	21	30	81	30	3
109	D	151	146	144	134	146	155	116	97	87	43	14	10	11	12	13	15	14	20	56	25	3
110	C	111	111	117	140	174	199	162	141	119	53	18	14	15	18	19	21	21	29	75	30	2
111	A	103	114	130	148	153	156	130	113	108	74	30	21	18	18	18	17	16	17	39	20	3
112	A	96	92	93	103	119	124	98	86	72	38	17	14	15	16	17	18	18	23	53	23	3
113	A	86	98	115	155	193	211	164	133	125	70	23	16	17	18	20	25	24	36	94	33	3
114	C	86	100	117	159	203	230	175	142	120	50	15	12	14	16	18	22	22	35	84	26	2
115	M	46	50	63	92	126	157	145	133	134	84	25	15	12	12	13	14	14	20	55	20	3
116	M	61	69	83	116	147	171	145	128	130	85	26	16	15	15	15	18	15	26	70	20	1
117	A	88	95	106	130	157	171	139	118	112	68	24	16	15	17	18	20	19	24	70	30	4
118	D	193	198	202	208	228	230	170	142	120	59	22	19	20	21	22	25	25	40	91	31	2
119	D	70	75	80	93	95	83	60	53	42	27	13	10	9	9	10	10	10	15	33	16	2
120	A	34	37	41	52	55	49	38	34	26	16	10	9	9	10	10	9	9	12	22	10	3
121	C	61	70	86	118	156	183	152	125	110	40	11	9	11	13	15	18	18	28	70	25	1
122	C	67	74	85	112	140	152	126	104	90	40	13	10	11	12	13	15	15	23	55	20	1
123	A	24	26	31	43	56	63	52	48	41	21	8	7	7	7	7	7	7	10	23	10	0
124	B	89	106	121	130	127	118	89	71	61	38	17	13	11	11	11	10	10	12	23	11	2
125	A	81	96	114	153	183	196	160	127	108	57	21	16	17	18	18	20	19	30	65	20	0
126	C	84	91	103	129	149	155	130	111	103	62	23	16	14	14	15	16	15	22	53	20	2
127	A	80	96	115	158	195	206	165	131	117	60	22	18	18	20	21	25	24	35	77	26	5
128	C	64	73	87	120	150	170	133	102	88	43	13	10	12	13	14	18	17	25	64	24	1
129	A	46	55	67	91	117	137	110	85	78	40	13	10	11	11	12	15	14	18	54	20	2
130	A	80	73	74	84	95	104	84	77	67	38	16	13	14	14	14	14	12	16	37	15	2
131	A	39	42	46	59	73	80	68	61	52	26	12	10	9	10	10	9	9	13	27	11	3
132	A	95	98	105	123	150	176	153	136	128	72	30	25	25	26	26	26	24	30	65	26	3
133	A	67	80	99	137	173	196	154	123	113	61	21	16	16	17	19	23	22	29	74	30	4
134	C	72	84	104	149	199	238	188	156	138	55	15	13	14	16	19	23	22	35	88	30	2

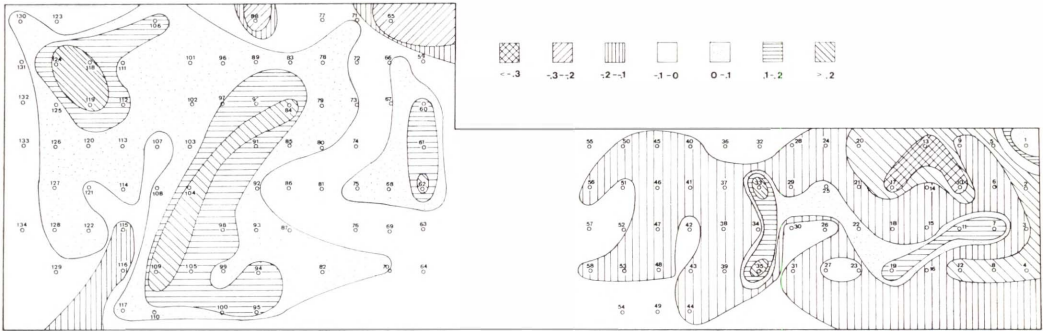


FIG. 4. — Representación en el espacio real de muestreo (longitud: 5,60 m; altura: 3,25 m) del factor de carga de cada muestra sobre la primera componente principal. — Representation, in real sampling space (length: 5.60 m; height: 3.25 m) of the factor scores of samples over the first principal component.

relativo de la proporción de carotenos, pigmentos que se descomponen más lentamente, y de productos de desecho de las clorofilas que absorben radiaciones en la zona del espectro correspondientes a 430 nm y originan un incremento en el valor de dicho índice que sirve, en consecuencia, para evaluar el estado de la población.

ORDENACIÓN DE LAS MUESTRAS

El mismo conjunto de datos fue sometido a un análisis factorial de correspondencias (BENZECRI, 1971) a fin de conseguir una ordenación de las muestras. Esta misma ordenación hubiera sido posible con las componentes principales pero, aparte de problemas de computación debido a la capacidad del ordenador (IBM 360 del Laboratorio de Cálculo de la Universidad de Barcelona), se

prefirió el análisis de correspondencias en el que cada dato de la matriz de partida es ponderado dividiendo por la suma de la línea y de las columna correspondiente (IBANEZ y SEGUIN, 1973).

La figura 6 representa el conjunto de las muestras en el espacio de los dos primeros factores. Estos factores explican respectivamente el 34,6 y el 25,8 % de la varianza total, o sea en conjunto el 60,4 %.

En esta figura se han unido con trazo continuo las variables espectrales. Resulta notable la consistencia entre los dos métodos de tratamiento de los datos, ya que esta ordenación de las variables es similar a la presentada por las componentes II y III (fig. 3).

Los trazos discontinuos de la figura 6 separan muestras cuyos valores del índice D_{430}/D_{665} se encuentran en los límites que

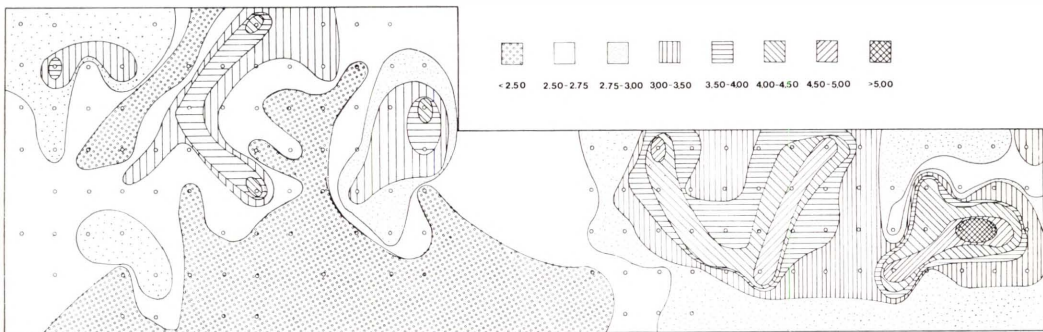


FIG. 5. — Distribución espacial del índice D_{430}/D_{665} nm. — Spatial distribution of the index D_{430}/D_{665} nm.

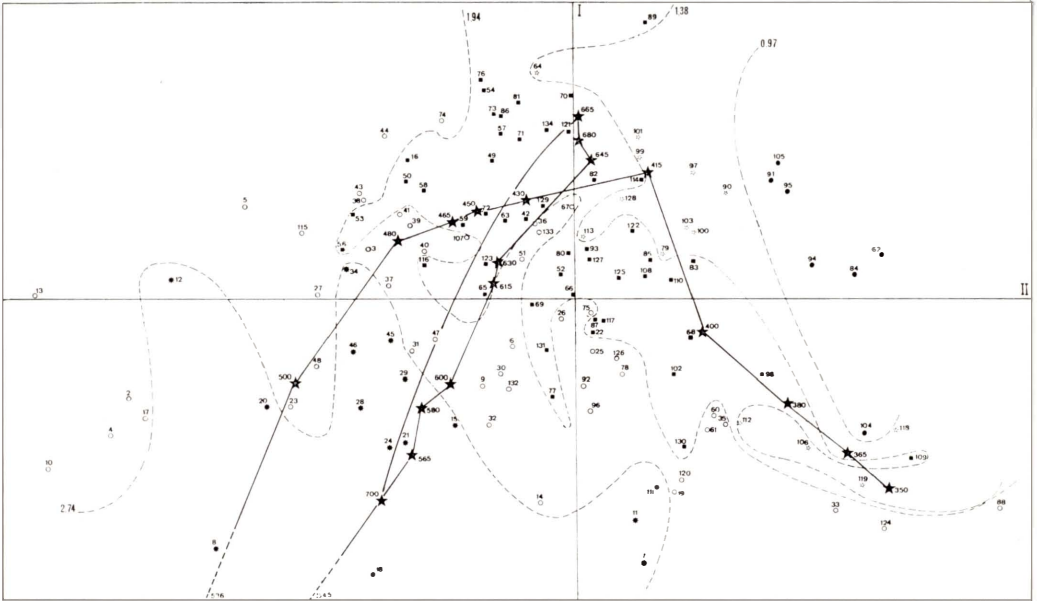


FIG. 6. — Ordenación del conjunto de las variables y de las muestras en los dos primeros factores del análisis de correspondencias. La línea continua une secuencialmente a las variables espectrales, la línea de trazos separa a las muestras por el valor del índice D_{480}/D_{665} . — Ordination of the variables and samples on the first and second principal factors. The continuous line connects sequentially the spectral variables. The dashed lines cluster the samples according to the values of the index D_{480}/D_{665} .

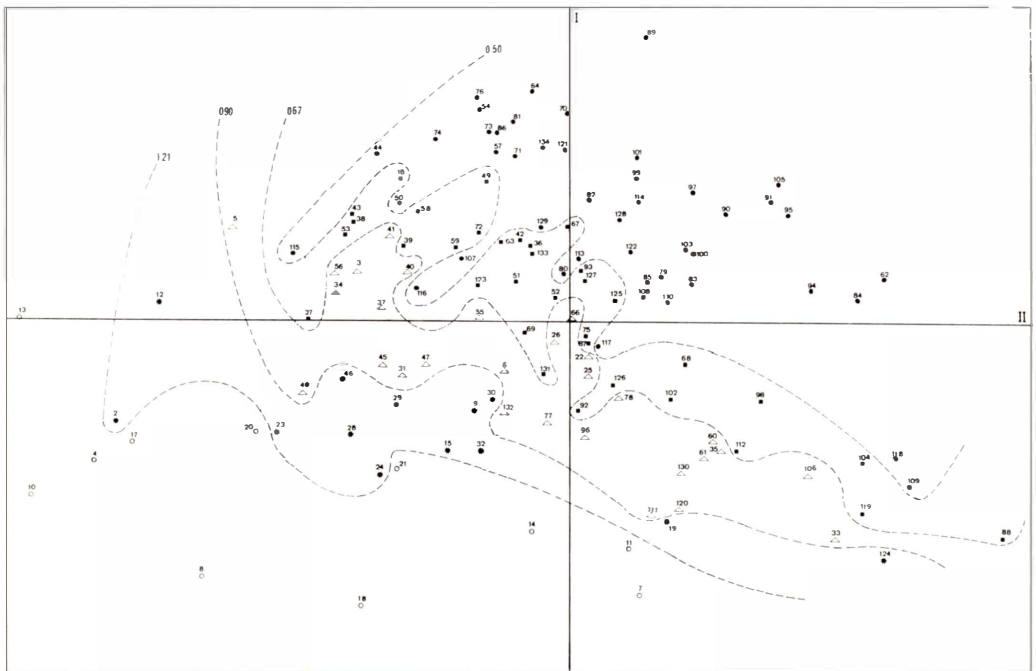


FIG. 7. — Ordenación de las variables muestrales en el espacio de los dos primeros factores de un análisis de correspondencias. Las líneas de trazos agrupan las muestras por su valor del índice $(D_{565} + D_{615})/D_{665}$. — Ordination of the samples on the first and second principal factors. The dashed lines cluster the samples according to the values of the index $(D_{565} + D_{615})/D_{665}$.

indican las mismas líneas de trazos, límites que se han elegido siguiendo una escala logarítmica.

La figura 7 se ha elaborado con el mismo criterio para el índice $(D_{555} + D_{615})/D_{665}$. En esta figura se han suprimido las variables espectrales para simplificar el dibujo. Obsérvese la tendencia común a ordenarse las muestras en el sentido de la bisectriz del primer cuadrante.

Con el primero de los índices citados tratamos de medir la proporción de carotenos frente a la clorofila, mientras que el segundo de los índices mide la abundancia de pigmentos proteicos, propios de cianofíceas, frente a la clorofila.

Dicha ordenación debe de interpretarse como el resultado de la interacción de factores ambientales (en el sentido de la bisectriz puede trazarse el gradiente de humedad, que decrece del primer al tercer cuadrante) y de composición específica de las muestras, que es una resultante de los factores ambientales (se comprueba mayor abundancia de cianofíceas en las muestras de zonas más húmedas).

La razón que nos guió para agrupar las muestras siguiendo una escala logarítmica fue que con esta escala se conseguía una mejor distribución de las muestras, lógicamente, que en una escala no logarítmica. En ésta la mayor parte de las muestras se incluyen en el primer grupo de muestras con mayor humedad. Esta transformación de escalas es, por otra parte, fácilmente interpretable en términos biológicos, puesto que si la variación del gradiente de humedad sigue una función logarítmica, el número

de muestras en cada intervalo uniforme de variación de humedad debe seguir, aproximadamente, la misma escala logarítmica dado el tipo de muestreo regular que hemos aplicado.

CONCLUSIONES

Las variables espectrales, siendo puntos que pertenecen a una curva continua, difícilmente puede someterse a un análisis de componentes principales puesto que los fenómenos de arrastre y contagio entre variables próximas son la causa de que los resultados no aporten apenas ventajas en cuanto a la interpretación en términos biológicos se refiere.

El gradiente de humedad, siendo muy acusado en este tipo de comunidades, condiciona la distribución de los distintos grupos de especies y ello tiene su reflejo al estudiar la distribución de pigmentos con ayuda de cualquier índice significativo. Los esquemas de la figura 9 resumen el comportamiento de los distintos grupos taxonómicos. La distribución espacial en función de la humedad es notable. Cianofíceas y diatomeas se disponen en zonas más próximas al curso de agua, temporalmente sumergidas y casi constantemente salpicadas, mientras que las clorofíceas (la mayor parte de las encontradas aquí son aerofíticas) se disponen algo más alejadas y los musgos se localizan como banda de cierre en la zona más alejada del agua.

La ordenación de muestras y variables por el análisis de correspondencias es consis-

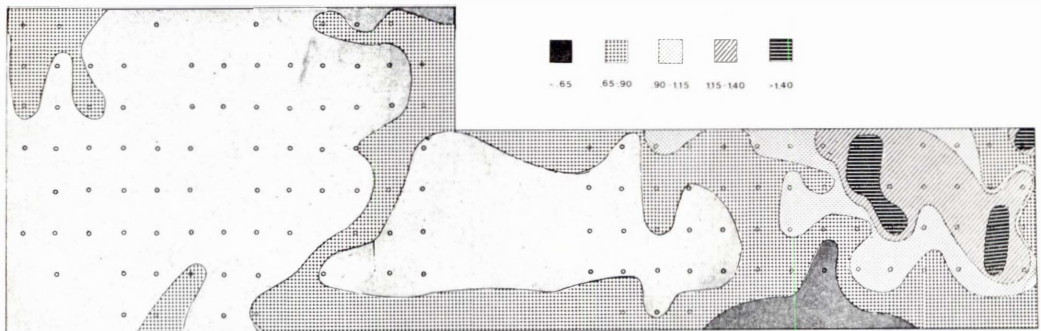


FIG. 8. — Distribución del índice $(D_{555} + D_{615})/D_{665}$ en el espacio real. — *Distribution in real space of the index $(D_{555} + D_{615})/D_{665}$.*

te con el análisis de componentes principales y ha podido interpretarse en términos de composición específica (fig. 9) y en términos de composición de pigmentos (figs. 6 y 7). Es posible que un análisis más detallado de las especies y de otros factores ambientales, como el llevado a cabo en comunidades similares en una ocasión anterior (GRACIA ALONSO, 1974), permita situar las muestras en función de otros factores no considerados aquí, tales como nutrientes, y explique la aparente deslocalización de algunas de ellas.

AGRADECIMIENTO

El Dr. Ramón Margalef nos dio a conocer la localización de la superficie que se estudia en este trabajo. Elisabeth Vila nos prestó una eficaz ayuda en la toma de muestras y preparación de las mismas para la extracción de pigmentos. A ellos nuestro agradecimiento.

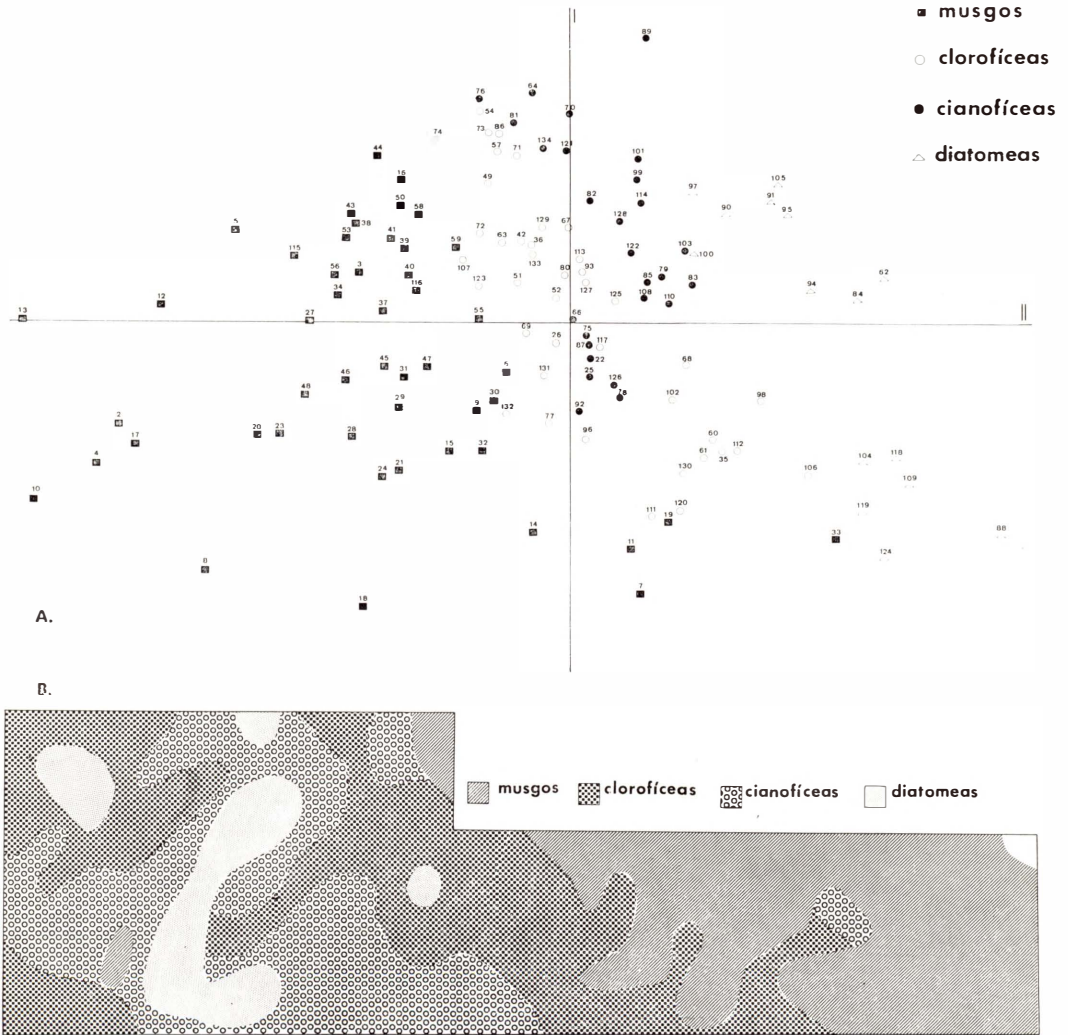


Fig. 9. — A. Distribución de grupos taxonómicos en los dos primeros factores principales. B. Distribución de grupos taxonómicos en el espacio real. — A. Distribution of the taxonomic groups on the first and second principal factors. B. Distribution, in real space, of the taxonomic groups.

SUMMARY

AN ANALYSIS OF PIGMENT DISTRIBUTION OVER AN HYGROPETRIC SURFACE. — Distribution of photosynthetic pigments in communities living over an hygropetric surface was analyzed and the results interpreted according to environmental factors and specific composition of

samples.

The analysis of principal components is used in order to explain the relations existing among the 21 variables (wavelengths) used in readings of spectra, and the results are discussed.

BIBLIOGRAFÍA

- BENZECRI, J. P. — 1970. L'analyse des données. *Ronéo. I.S.U.P.*, 1: 18.
- ESTRADA, M. y VALLESPINÓS, F. — 1976. Estudio estadístico de espectros de absorción de extractos de pigmentos de comunidades de algas macrofitas. *Inv. Pesq.*, 40 (2): 551-559.
- GRACIA ALONSO, C. — 1974. Interpretación de datos de la vegetación de bocas de cuevas por técnicas de análisis multivariable. *III Congreso Nacional de Espel. Madrid.*
- IBANEZ, F. y SEGUIN, G. — 1972. Etude du cycle annuel du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs méthodes d'analyse multivariable. *Inv. Pesq.*, 36 (1): 81-108.
- KAISER, F. H. — 1958. The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23 (3): 187-200.
- MARGALEF, R. — 1960. Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivité, composition taxinomique et propriétés dynamiques des populations. *Rapp. Proc. Verb. C.I.E.S.M.*, 15 (2): 277-281.
- PARSONS, T. R. y STRICKLAND, J. D. H. — 1963. Discussion on spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *J. Mar. Res.*, 21: 155-163.
- RABINOWITCH, E. y GOVINDJEE. — 1969. *Photosynthesis*. John Wiley. New York.
- RICHARDS, R. A. y THOMPSON, T. G. — 1952. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. *J. Mar. Res.*, 11: 156-172.