

LA VEGETACION MACROFITICA Y LOS FACTORES QUE RIGEN SU DISTRIBUCION A LO LARGO DE TRES ARROYOS EN LA SIERRA DE VILAFRANCA (AVILA)

A. Amor Morales, A. Escudero Berián, B. García de Vicuña Redondo*

Dpto. de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca.

* Laboratorio de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco.

Palabras clave: Macrophytes, distribution, principal components analysis, classification analysis, diversity spectra.

ABSTRACT

THE MACROPHYTIC VEGETATION AND THE FACTORS DETERMINING ITS DISTRIBUTION ALONG THREE STREAMS IN THE SIERRA DE VILAFRANCA (AVILA).

A study was carried out on the macrophytic vegetation of three stream banks and beds on the foothills of the Sierra de Gredos (Central-Western Spain). Applying statistical analysis to the data it could be observed that the principal factors in the distribution of the river bank species are mainly light intensity, and then soil texture. Contrariwise, the distribution of the plants rooted within the stream beds depends above all on this latter factor.

The diversity spectra technique also shows, concerning to the vegetation they support, the existence of differentiated zones in the lower stretches of each stream.

INTRODUCCION

El estudio de las comunidades de macrófitos fluviales se halla considerablemente retrasado respecto a las comunidades leníticas (Whitton, 1975). Esto, naturalmente, se debe a que, al constituir los ríos hábitats fácilmente alterables, dependen tan estrechamente de los accidentes históricos por los que han atravesado que resulta difícil encontrar causas únicas y claramente discernibles para la presencia local de una determinada comunidad. Por ello la mayoría de los estudios realizados hasta el momento son de tipo naturalístico-descriptivo, acompañados de estimaciones de los efectos que factores como la luz (Westlake, 1966; Bermúdez de Castro y col., 1981) o el sustrato (Hynes, 1970) tienen sobre determinadas especies. Por el contrario, la aplicación de las técnicas estadísticas necesarias para hacer más objetiva la clasificación de las comunidades se ve dificultada por el gran número de factores ambientales significativos en la distribución de las especies (Margalef, 1983).

En este trabajo hemos estudiado la vegetación macrofítica del cauce y la ribera de tres arroyos de montaña, con miras a averiguar cuáles son los factores ambientales que más afectan a la distribución de

aquella. A pesar de las dificultades apuntadas en el párrafo anterior, hemos aplicado diversas técnicas estadísticas habituales en los estudios de vegetación. Efectivamente, la aleatoriedad de la distribución de estas plantas afecta en cierto modo a la validez de los resultados obtenidos; sin embargo, creemos haber demostrado que las técnicas aplicadas también pueden arrojar luz sobre las cuestiones que aquí se abordan.

MATERIAL, Y METODOS

El objeto de este estudio lo constituyen tres pequeños arroyos afluentes del río Tormes por su margen derecha, en la proximidad a su nacimiento. La zona de estudio se sitúa geográficamente en el cuadrante sur-occidental de la provincia de Avila, concretamente en los términos municipales de Hoyos del Espino y Navarredonda de la Sierra, enclavados en la Sierra de Villafranca. La climatología de esta zona (Garmendia Iraundegui, 1972) es, a grandes rasgos, de tipo húmedo, templado-frío y sin aridez.

Los tres arroyos seleccionados son semejantes en cuanto a caudal, corriente y exposición (al sur), pero diferenciados en lo que respecta a las comunidades le-

Especies	Arroyos		
	Cañadillas	Navahondilla	C. Pinos
<u>Apium nodiflorum</u> (L.) Lag.	12	-	5
<u>Caltha palustris</u> L.	1	9	9
<u>Carex distans</u> L.	19	-	-
<u>Carex hirta</u> L.	50	5	156
<u>Carex fusca</u> All.	9	-	30
<u>Carex paniculata</u> L.	-	3	-
<u>Carum verticillatum</u> (L.) Koch.	8	-	29
<u>Cirsium palustre</u> (L.) Scop.	4	7	48
<u>Epilobium obscurum</u> Schreber	4	60	2
<u>Galium palustre</u> L.	14	136	37
<u>Galium vernum</u> Scop.	-	-	4
<u>Geum rivale</u> L.	-	15	-
<u>Glyceria fluitans</u> (L.) B. Br.	3	149	3
<u>Holcus lanatus</u> L.	42	18	29
<u>Hypericum tetrapterum</u> Fr.	17	-	34
<u>Juncus acutiflorus</u> Ehrh. ex Hoffm.	71	21	169
<u>Juncus conglomeratus</u> L.	147	85	80
<u>Lotus uliginosus</u> Schkuhr.	3	2	12
<u>Luzula multiflora</u> (Retz.) Lej.	3	1	2
<u>Mentha pulegium</u> L.	7	-	-
<u>Montia fontana</u> L.	-	211	14
Musgos	80	42	77
<u>Pyraotis scorpioides</u> L.	19	131	5
<u>Nasturtium officinale</u> R. Br.	-	1	4
<u>Oenanthe crocata</u> L.	13	31	9
<u>Prunella vulgaris</u> L.	28	63	27
<u>Ranunculus repens</u> L.	38	131	50
<u>Ranunculus trilobus</u> Desf.	-	-	9
<u>Senecio coinnyi</u> Rouy	13	-	-
<u>Veronica officinalis</u> L.	-	2	-
<u>Veronica scutellata</u> L.	-	6	-
<u>Veronica serpyllifolia</u> L.	-	96	-
<u>Wahlenbergia hederacea</u> (L.) Reich.	7	-	37

Tabla 1.-Especies encontradas en las riberas de cada arroyo y sus valores de frecuencia (n.º de presencias detectadas en cuadrados de 25 x 25 cm.).

Species found on the banks of each stream and their frequency values (number of presences observed in quadrats of 25 x 25 cm.).

ñosas dominantes en las cuencas por las que discurren. Uno de ellos (arroyo de las Cespedillas) está enclavado en una zona poblada por robles melojos; otro (arroyo de los Cuarenta Pinos) aparece en zona de piornal; el tercero (arroyo de Navahondilla) aparece totalmente cubierto por un espeso bosque de pino albar.

Los tres cursos de agua fueron muestreados desde sus cabeceras hasta las proximidades de las respectivas desembocaduras en el Tormes. Se utilizó una unidad de muestreo de 450 x 25 cm. dividida en 15 cuadrados de 25 x 25 cm., que se colocaba en el centro del cauce y en la orilla, siendo la distancia entre cada dos unidades consecutivas de 100 m. En cada una de

Especies	Arroyos		
	Cañadillas	Navahondilla	C. Pinos
<u>Apium nodiflorum</u> (L.) Lag.	60	9	35
<u>Callitriche stagnalis</u> Scop.	-	60	-
<u>Callitriche truncata</u> Guss.	4	34	7
<u>Caltha palustris</u> L.	-	7	2
<u>Carex distans</u> L.	5	-	-
<u>Carex fusca</u> All.	4	-	-
<u>Carex hirta</u> L.	-	-	14
<u>Carum verticillatum</u> (L.) Koch.	-	-	68
<u>Epilobium obscurum</u> Schreber	-	6	-
<u>Galium palustre</u> L.	-	14	-
<u>Glyceria fluitans</u> (L.) R. Br.	5	14	11
<u>Hypericum tetrapterum</u> Fr.	-	-	6
<u>Juncus acutiflorus</u> Ehrh. ex Hoffm.	3	3	74
<u>Juncus conglomeratus</u> L.	34	10	11
<u>Lemna minor</u> L.	-	21	-
<u>Mentha pulegium</u> L.	3	-	-
<u>Montia fontana</u> L.	16	59	21
Musgos	115	11	63
<u>Myosotis scorpioides</u> L.	40	68	54
<u>Nasturtium officinale</u> R. Br.	17	1	12
<u>Oenanthe crocata</u> L.	60	178	109
<u>Potamogeton pectinatus</u> L.	-	34	26
<u>Prunella vulgaris</u> L.	-	-	2
<u>Ranunculus repens</u> L.	36	5	7
<u>Ranunculus trichophyllus</u> Chaix.	92	180	61
<u>Ranunculus trilobus</u> Desf.	-	-	1
<u>Veronica scutellata</u> L.	1	3	22

Tabla 2.-Especies encontradas en el interior del cauce de cada arroyo y sus valores de frecuencia (n.º de presencias detectadas en cuadrados de 25 x 25 cm.).

Species found within the bed of each stream and their frequency values (number of presences observed in quadrats of 25 x 25 cm.).

las 15 subunidades que componen la unidad completa, se anotó la presencia de cada especie, contándose a continuación el número de presencias detectadas. Se obtuvo así una estimación para cada especie en cada punto de muestreo según una escala de 0 a 15.

Los datos de frecuencia de la vegetación ribereña se sometieron a análisis factorial en componentes principales, mientras que a los datos de vegetación del cauce se les aplicó un análisis diferencial.

Por otra parte, se elaboraron espectros de diversidad, aplicando el índice de Shannon-Weaver a superficies de muestreo gradualmente crecientes, obtenidas al sumar las unidades de muestreo sucesivas hasta englobar la totalidad de cada arroyo. De esta manera, los incrementos de diversidad habidos al aumentar el tamaño de la unidad de muestreo por encima de la que cabe considerar área mínima representan la inclusión de áreas de distinta composición florística.

RESULTADOS

En las tablas 1 y 2 presentamos las listas de especies (de ribera y del cauce, respectivamente) encontradas en cada arroyo. Naturalmente, la falta de espacio nos impide presentar los datos completos suministrados por el muestreo. Aportamos en las tablas únicamente los valores de frecuencia obtenidos para el conjunto de cada arroyo. Presentaremos en lo que sigue los resultados obtenidos de la aplicación de los métodos estadísticos sobre los datos del muestreo.

1.- Plantas de la ribera.

Como se apuntó anteriormente, los datos de frecuencias de la vegetación ribereña se sometieron a un análisis factorial en componentes principales. Efectuado el análisis, obtuvimos una absorción de varianza conjunta por los dos primeros componentes equivalente al 20.5 %. Este valor es relativamente reducido y proporciona una idea del gran número de factores implicados en la distribución de estas especies.

En la figura 1 se representa la ordenación de los inventarios de vegetación en el plano formado por los ejes I y II.

Las características de los distintos puntos de muestreo permiten inferir que el primer componente distribuye los inventarios en función de la presencia de arbolado en las orillas. En el lado positivo se sitúan las áreas más desarboladas, como las de la zona alta del arroyo de los Cuarenta Pinos, donde la vegetación circundante está constituida por pastizales de montaña. Las especies que se constituyen como factores de carga elevados para este componente, y por tanto abundantes en estas áreas de máxima insolación, son, ante todo, *Juncus acutiflorus* y *Carex hirta*.

En la mitad negativa del eje I, por su parte, se localizan los puntos de muestreo más sombríos, que per-

tenecen en su mayoría al arroyo de Navahondilla, totalmente cubierto por un espeso bosque de pinos. Asimismo, en este lado negativo vemos otros inventarios de los tramos inferiores de los otros dos arroyos, que tienen en común el estar sombreados por robles, chopos y alisos próximos a las orillas. Los factores de carga negativos son especies como *Oenanthe crocata*, *Myosotis scorpioides* o *Epilobium obscurum*, frecuentes ante todo en el arroyo de Navahondilla.

El segundo componente ordena los inventarios en función de la textura del sustrato edáfico. En la zona positiva quedan situados los puntos de muestreo con orillas más arenosas o incluso limosas, frecuentes en el arroyo de Navahondilla. Especies como *Veronica serpyllifolia*, *Cirsium palustre*, *Epilobium obscurum* y *Ranunculus repens*, factores de carga positivos importantes, son los más abundantes en estos enclaves.

En la mitad negativa del eje se sitúan los inventarios realizados en orillas rocosas y, en muchas ocasiones escarpadas, que son comunes en los arroyos de las Cespeditas y los Cuarenta Pinos. Los factores de carga negativos más importantes son *Hypericum tetrapterum*, *Caltha palustris* y *Galium palustre*.

2.- Plantas del cauce.

La aplicación del análisis en componentes principales a los datos de vegetación del cauce no reveló la existencia de ningún factor común a los tres arroyos en su acción sobre la distribución de las plantas. Antes al contrario, la ordenación de las unidades de muestreo de cada curso de agua parecía, en parte, obedecer a circunstancias diferentes para cada uno de ellos. Por esta razón, se procedió a estudiar cada arroyo por separado, aplicando esta vez la técnica del análisis diferencial en razón del relativamente escaso número de puntos de muestreo disponibles. Los tres dendrogramas elaborados se presentan en la figura 2.

En el dendrograma correspondiente al arroyo de las Cespeditas (figura 2a) se observan tres grandes grupos de inventarios con características físicas peculiares.

El grupo de la izquierda reúne inventarios con sustrato muy rocoso, escasa profundidad y corriente entre moderada y alta. En todos se encuentran, junto a *Oenanthe crocata*, abundantes musgos sumergidos, que encuentran en estas áreas de sustrato duro y aguas batidas bien provistas de dióxido de carbono en disolución su hábitat favorito (Hynes, 1970).

El grupo central está integrado por inventarios con sustrato menos rocoso e incluso algo arenoso, profundidad media-alta y corriente de moderada a lenta. La especie común en todos ellos es *Ranunculus trichophyllus*.

A la derecha se sitúa un grupo de inventarios que pertenecen a la zona inferior del arroyo, donde el cauce es muy escaso, la corriente lenta y el sustrato limoso. Aquí es donde la vegetación alcanza su

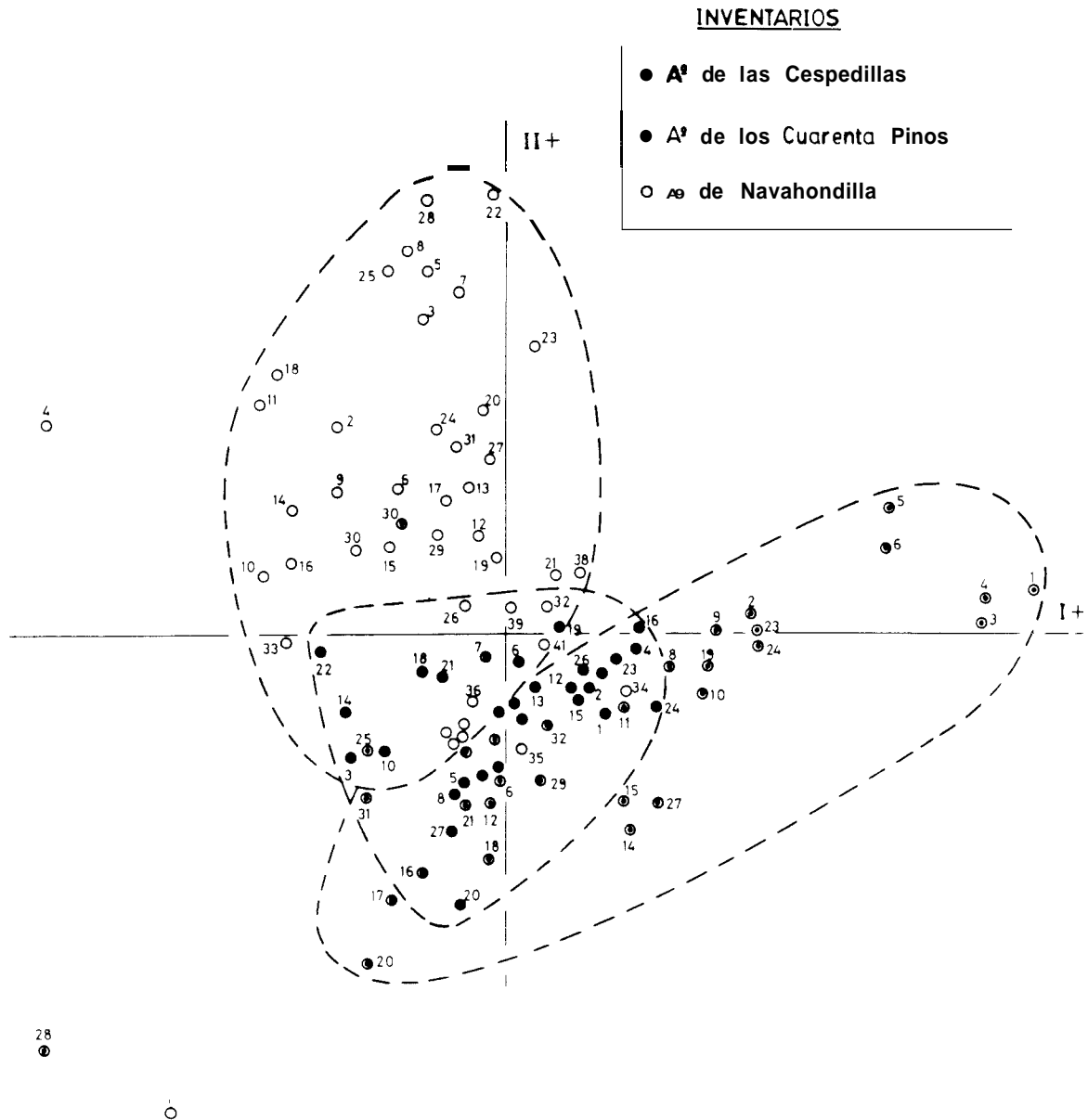


Figura 1.—Ordenación de los inventarios de vegetación ribereña en el plano formado por los ejes I y II del análisis en componentes principales.

Ordination of the riverbank vegetation samples along axes I and II of the principal component analysis.

mayor desarrollo en el cauce. Como especies particularmente abundantes, citaremos a *Myosotis scorpioides* y *Apium nodiflorum*.

La figura 2b muestra el dendrograma perteneciente al arroyo de Navahondilla. También aquí aparecen varios grupos de inventarios unidos por poseer características físicas comunes.

El grupo de la izquierda está formado por inventarios con sustrato rocoso-arenoso, corriente moderada y profundidad escasa. La especie que se encuentra en ellos con mayor abundancia es *Oenanthe crocata*.

El segundo grupo reúne inventarios con sustrato más fino, corriente entre moderada y lenta y profundidad media-alta. Se encuentran aquí especies como *Ranunculus trichophyllus*, *Callitriche truncata* y *Callitriche stagnalis*.

Los otros cuatro grupos situados más a la derecha están integrados por un número menor de inventarios. Casi todos poseen un sustrato fino, corriente lenta y profundidad grande. Se trata de un grupo muy heterogéneo, como lo demuestra el bajo nivel de similitud que presentan los inventarios entre sí.

El último dendrograma (figura 2c) corresponde al arroyo de los Cuarenta Pinos. En él la agrupación de los inventarios parece reflejar una diferenciación del curso del arroyo en tres zonas: alta, media y baja. El grupo de la derecha corresponde a la zona alta o de cabecera, donde el arroyo es apenas un regato confundido entre el pastizal, con lo que la mayoría de las especies presentes tienen carácter anfibio (*Juncus acutiflorus* y *Carum verticillatum*, entre otras).

El grupo central está integrado por los inventarios de la zona media del arroyo, donde aparece un sustrato preferentemente rocoso, profundidad media y corriente fuerte, circunstancias que se traducen en una pobre vegetación sumergida. La especie más abundante en esta zona es *Oenanthe crocata*.

En tercer lugar incluimos el grupo de inventarios situado a la izquierda del dendrograma, pertenecientes a la zona más baja del arroyo. No es, en realidad, un tramo muy uniforme en sus características físicas. Las especies más abundantes son *Ranunculus trichophyllus*, *Myosotis scorpioides* y *Apium nodiflorum*.

Por último, los inventarios n.º 4, 5 y 9 aparecen aislados a la derecha del dendrograma. Estos puntos de muestreo se enclavaron en tramos del arroyo encajados, con características físicas poco comunes con las halladas en el resto de los inventarios. Las desfavorables condiciones imperantes en ellos reducen su cobertura vegetal a una sola especie en cada caso: *Potamogeton pectinatus* en el punto 4 y *Carum verticillatum* en los puntos 5 y 9.

3.-Espectros de diversidad.

En la figura 3 hemos representado los espectros de diversidad de los tres arroyos estudiados.

La gráfica correspondiente al arroyo de las Cespedillas (figura 3a) muestra un brusco incremento inicial en ambas líneas debido sin duda a un tamaño de la unidad de muestreo inferior al del área mínima. Después de este tramo, se observa un progresivo incremento con pequeña pendiente en el espectro de las plantas de ribera. Sin embargo, el espectro de las plantas encontradas en el cauce, después de un tramo de notable homogeneidad, muestra un brusco aumento que coincide con la entrada del arroyo en su zona inferior.

En los espectros de diversidad correspondientes al arroyo de Navahondilla (figura 3b) se aprecia claramente la gran homogeneidad que presenta este arroyo a lo largo de todo su recorrido. El incremento aleatorio inicial no es tan brusco como en el primer curso de agua debido precisamente a esta gran uniformidad. El pequeño descenso del espectro de diversidad de las especies del cauce en la zona intermedia se debe al tipo de sustrato presente, más grueso que en el resto del arroyo, lo que condiciona desfavorablemente a la vegetación.

El incremento de la pendiente de los últimos tramos del espectro corrobora, como ocurría en el arroyo de las Cespedillas, la constitución de áreas diferenciadas en los tramos inferiores de los arroyos.

Finalmente, en los espectros de diversidad del tercer curso de agua (figura 3c) ambas líneas resultan casi paralelas, con un aumento progresivo de la diversidad que revela la adición continua de zonas diferenciadas a medida que desciende el arroyo. Sin embargo, también es observable en este caso un aumento de la pendiente en el espectro de los inventarios del cauce cuando el arroyo entra en su tramo inferior, lo que demuestra la existencia aquí de enclaves diferenciados en relación al resto del curso.

DISCUSION

Los macrófitos ribereños en los arroyos estudiados se ven fuertemente afectados en su distribución por el factor luz. El hecho de que en el análisis en componentes principales (figura 1) puntos de muestreo sombreados por estrechos bosques de galería aparezcan próximos a otros puntos de cuencas más boscosas indica claramente que el factor primordial de su distribución es efectivamente el sombreado y no algún tipo de efecto a gran escala de la vegetación de la cuenca sobre las características del agua de infiltración que después va a alimentar el arroyo. Los estrechos bosques de galería no pueden evidentemente ejercer efecto alguno apreciable sobre esta variable por sus pequeñas dimensiones. La influencia del arbolado es, pues, directa y, con toda probabilidad, se limita al

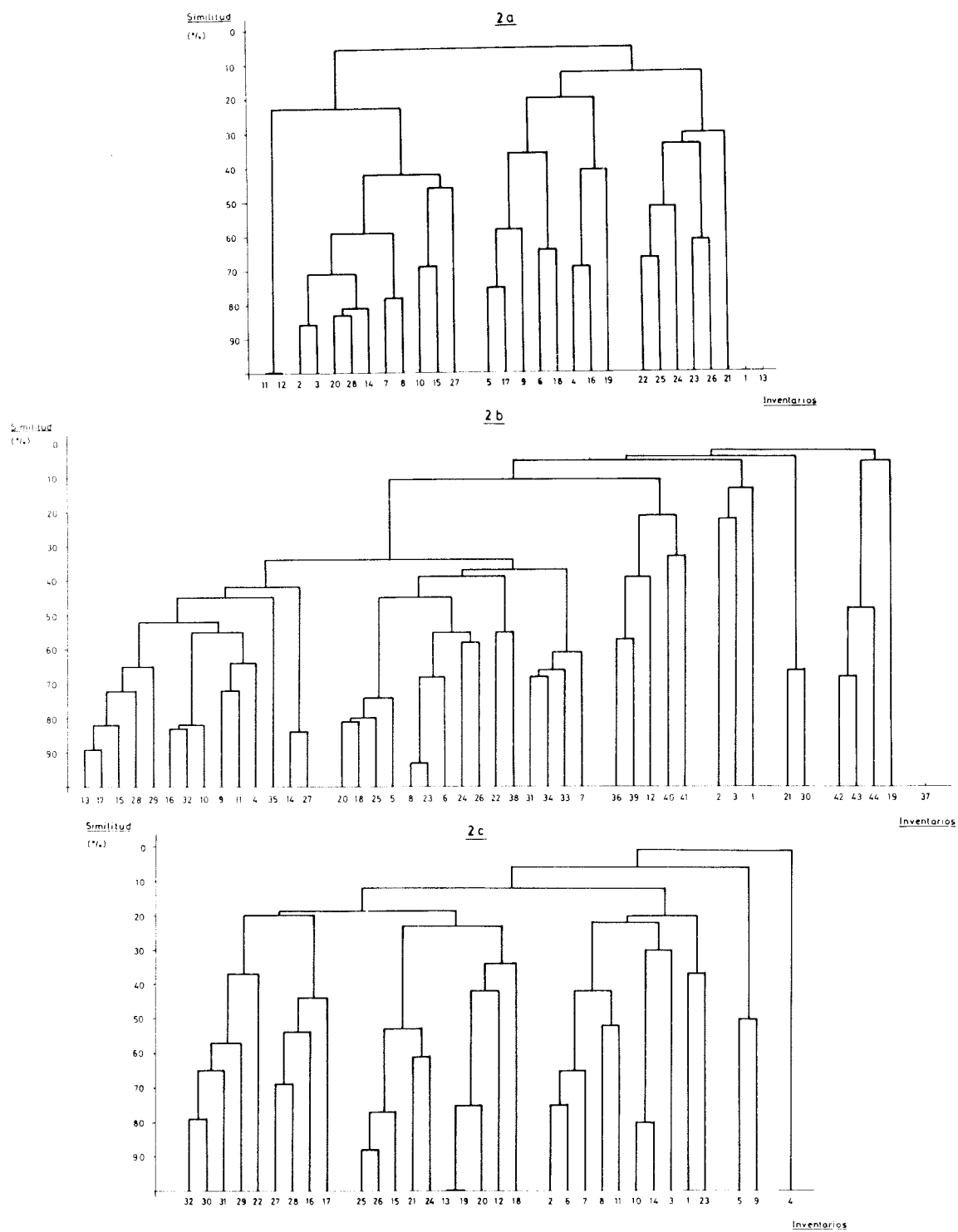


Figura 2.—Resultados del análisis de clasificación aplicado a la vegetación del cauce de los arroyos estudiados. A) arroyo de las Cespeditillas; B) arroyo de Navahondilla; C) arroyo de Cuarenta Pinos.

Results of the clasification analysis applied to the bed vegetation of the three streams. A) Cespeditillas stream; B) Navahondilla stream; C) Cuarenta Pinos stream.

sombreado. La importancia de este factor se explica por la exposición meridional y la fuerte pendiente de los tres arroyos, que provocan altos niveles de insolación en los tramos no cubiertos por los doseles arbóreos.

Contrariamente, el grado de iluminación no parece ejercer control sobre la distribución de la vegetación enraizada en el interior de los cauces, que, en cambio, se ve fuertemente condicionada por la textura del sustrato edáfico. Este último factor, a su vez, también condiciona, aunque sólo de un modo secundario, a la vegetación ribereña (figura 1). La influencia de la textura del sustrato e, indirectamente a su través, de la velocidad de la corriente, sobre las plantas acuáticas es reconocido por numerosos autores (Westlake, 1975; Hoff, 1978). Esta influencia es, sobre todo, marcada en arroyos de fuerte pendiente, como los que nosotros hemos estudiado, en los que la corriente llega a ser tan intensa a veces como para eliminar por completo las fracciones menos gruesas del sustrato edáfico y, con ellas, los macrófitos enraizados. No es de extrañar, por ello, que el efecto del sustrato en los arroyos de montaña llegue a eclipsar por completo la influencia de la luz.

En ocasiones, sin embargo, la vegetación del interior de los cauces parece distribuirse a lo largo de cada arroyo siguiendo pautas independientes en cierto modo de las características del medio. Tal resultado se muestra en el dendrograma del arroyo de los Cuarenta Pinos (figura 2c) cuyos puntos de muestreo se agrupan en función de su pertenencia a los tramos alto, medio o bajo del curso. Aunque generalmente se da una asociación entre las características texturales del sustrato y la localización a lo largo del arroyo, no siempre hemos observado tal uniformidad dentro de cada una de las zonas diferenciadas por el análisis de clasificación en el arroyo de los Cuarenta Pinos.

Los espectros de diversidad de las plantas del cauce también muestran en los tres arroyos una singularización de sus tramos inferiores, pues en todos los casos la pendiente del espectro aumenta hacia el final (figura 3). Este resultado coincide con el que acabamos de comentar para el arroyo de los Cuarenta Pinos en el

sentido de que vuelve a apreciarse diferenciación de la vegetación por tramos del curso, y que esta diferenciación no siempre responde con claridad a los factores físicos observables en las áreas diferenciadas. Esta subdivisión parcial del curso del arroyo en tramos singularizados por la vegetación presente se debe probablemente a que la corriente afecta a la dispersión de los propágulos de las especies y determina así una distribución parcialmente direccional de las mismas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Dr. Enrique Rico Hernández su labor de asesoramiento en la determinación de las especies encontradas.

BIBLIOGRAFIA

- Bermúdez de Castro, F.; Barbero, P.; Martín, M.G. 1981.** Doseles de aliso y crecimiento de plantas acuáticas. *Actas del I Congreso Español de Limnología*, Barcelona: 167-171.
- Garmendia Iraundegui, J. 1972.** *El clima de la provincia de Avila*. Publicaciones del IOATO, Salamanca, 193 pp.
- Hynes, H.B.N. 1970.** *The ecology of running waters*. University of Toronto Press, 555 pp.
- Hoff, M. 1978.** La végétation des eaux courantes. In: *Les eaux douces d'Alsace*. Ed. Mars et Mercure, Wetolsheim: 2844.
- Margalef, R. 1983.** *Limnología*. Omega, Barcelona, 1.010 pp.
- Westlake, D.F. 1966.** The light climate for plants in rivers. In: *Light as an ecological factor*: 99-119. Blackwell, Oxford, 452 pp.
- Westlake, D.F. 1975.** Macrophytes. In: *River ecology* (Whitton, B.A. ed.), 106-128. Blackwell, Oxford, 752 pp.
- Whitton, B.A. 1975.** Preface. In: *River ecology* (Whitton, B.A. ed.), IX-X. Blackwell, Oxford. 725 pp.