

DIVERSIDAD FITOSOCIOLÓGICA. RIQUEZA DE CABEZAS DE SERIES SUCESIONALES EN RELACIÓN CON LA ALTITUD

J. IZCO

ABSTRACT

Phytosociological diversity: Relationships between altitude and potential-vegetation-type richness.

Biodiversity is manifested at various levels of organization, including that of vegetation within ecosystems. In the present paper, descriptors of potential vegetation (*number of communities*, *number of contacting communities pairs*, and *total number of mapped tessels*) were determined for a total of 110 grid squares (20×20 km) along three transects. The three descriptors, and particularly *number of communities* and *total number of mapped tessels*, were closely correlated. All three descriptors of grid-square altitude (*maximum altitude*, *minimum altitude* and *altitude interval*) were all effective predictors of phytosociological richness, particularly as measured by *total number of mapped tessels*.

Key words: Phytosociological diversity, Phytosociology, Phytosociological richness, Vegetation series.

RESUMEN

La biodiversidad se manifiesta en distintos niveles de organización, entre los que se incluye la vegetación como parte de los ecosistemas. Las variables de vegetación (número de comunidades, número de clases de contactos y número de teselas) analizadas a lo largo de tres transectos, con un total de 110 cuadrículas de 20×20 km, muestran una fuerte correlación entre sí, sobre todo entre número de asociaciones y número de teselas cartografiadas. La diversidad fitosociológica de cabezas de series sucesionales en cuadrículas de superficie constante muestra diferencias significativas entre los distintos transectos analizados. El análisis de estas variables con variables altitudinales (altura máxima, altura mínima e intervalo altitudinal) muestra un efecto significativo de la altitud máxima sobre la riqueza fitosociológica, particularmente sobre el número de teselas.

Introducción

La biodiversidad se define como el total de variación y diversidad de los seres vivos, o la variación absoluta de la vida sobre la Tierra (HEYWOOD &

BASTE, 1995) o la variabilidad de los organismos vivos de todo tipo y de los ecosistemas de los que forman parte (BISBY, 1995) y se manifiesta en distintos niveles organizativos: genético, de organismos y ecológico (HEYWOOD & BASTE, 1995). Se ha profundizado mucho en el análisis de la biodiversidad desde un punto de vista conceptual y son muy numerosos los trabajos de análisis de la biodiversidad dentro de las comunidades, pero no existen trabajos sobre la diversidad de las comunidades como tales, de la riqueza o pobreza de comunidades vegetales en los territorios y de las razones o mecanismos que regulan tal riqueza o que se relacionan con ella.

Entre las ciencias que se ocupan del estudio de la vegetación en sus múltiples facetas, la Fitosociología basada en la concepción sigmatista aporta una tipología de las comunidades que se definen conceptualmente y se ordenan en un sistema clasificatorio jerárquico. Ello permite, en un plano paralelo al de los taxones, la cuantificación de la diversidad. El análisis de la diversidad fitosociológica es una vía no abierta todavía, pero sin alternativa si se pretende abordar el análisis de la biodiversidad en uno de sus escalones altos, por encima del genético y taxonómico.

Una simple comparación entre las hojas de los mapas de RIVAS-MARTÍNEZ (1987) muestra una riqueza sintaxonómica claramente dispar (tabla 1). En este trabajo se aborda la diversidad de unidades cartografiadas en esos mapas, mediante distintos transectos, a lo largo de dos mil kilómetros sobre cuadrados de superficie constante de la Península Ibérica y sus relaciones con la altitud.

Tabla 1. Unidades cartográficas de las hojas 1/400000 de los mapas de series de vegetación de Rivas-Martínez (1987). NUC: número de unidades cartografiadas; AREA: superficie aproximada (cuartos) cartografiada en cada hoja; PISOS: pisos bioclimáticos representados en las hojas (eurosiberianos + mediterráneos). Los pisos de las Islas Canarias se han contabilizado como mediterráneos. De acuerdo con el texto, no se ha considerado el piso termocolino.

Characteristics of the 30 sheets of the ICONA 1: 400000 map of the potential vegetation of Spain (Rivas-Martínez, 1987). For each sheet, the table lists *total number of units mapped* (NUC), *proportion of total sheet area mapped (1/4-4/4)* (AREA), and *total number of bioclimatic belts (Eurosiberian + Mediterranean)* (PISOS). The bioclimatic belts of the Canary Islands are considered as Mediterranean. The termocoline belt is not considered.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NUC	6+1	23+4	20+3	29+1	9+0	9+2	17+5	18+2	30+3	28+1
AREA	2/4	3/4	3/4	1/4	1/4	2/4	4/4	4/4	4/4	3/4
PISOS	2+1	4+1	3+1	4+1	3+0	2+1	2+3	1+4	3+3	3+2
		12	13	14	15	16	17	18	19	20
NUC		17+8	15+4	6+0	3+2	8+4	12+3	13+3	13+3	7+2
AREA		4/4	4/4	4/4	1/4	1/4	4/4	4/4	3/4	1/4
PISOS		0+4	0+4	0+4	0+3	0+1	0+2	0+2	0+3	0+2
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
NUC	4+1	8+7	17+7	12+6	4+1	15+3	18+6	4+0	8+0	6+0
AREA	1/4	4/4	4/4	2/4	1/4	3/4	2/4	1/4	1/4	1/4
PISOS	0+2	0+3	0+4	0+3	0+1	0+4	0+5	0+2	0+5	0+3

Material y métodos

Para el análisis de la vegetación se han utilizado los mapas de series de vegetación de España, de escala 1/400000, de RIVAS-MARTÍNEZ (1987). En ellos se representa el área de los complejos seriales que desembocan en una misma etapa última de la secuencia sucesional, o cabeza de serie. Representan, por tanto, en unos casos, dominios climáticos de bosques, matorrales y pastizales. Las comunidades riparias, de carácter no climatófilo, están representadas de manera más laxa, pero con la misma precisión cartográfica que las primeras. En los casos que se han cartografiado subasociaciones o variantes como unidades independientes, se han considerado como una unidad más. Estos mapas son adecuados para el análisis previsto porque abarcan territorios muy amplios y diversos, han sido elaborados con criterios homogéneos y representan la vegetación potencial, sin la servidumbre de los mapas de vegetación actual que responden a variables debidas a la acción humana con actuaciones en distintos sentidos, con intensidades también diferentes y representan tipos de vegetación con desigual posición en las respectivas secuencias sucesionales.

Dichos mapas incluyen la red UTM, lo que permite comparar cuadrículas de superficie constante; en los mapas utilizados cada cuadrícula tiene 20×20 km. Algunas cuadrículas tienen superficies cartografiadas menores de 400 km^2 debido a límites fronterizos o estar originadas por ampliaciones verticales para compensar las ganancias, debidas a la curvatura terrestre en sentido de los meridianos, al desplazarse hacia el ecuador; no se han contabilizado las cuadrículas con superficie cartografiada menor del 50% del total.

Se han seleccionado tres transectos (TSEC), orientados en sentido de los paralelos, de acuerdo con los datos de la tabla 2. En cada cuadrícula de los tres transectos se ha contado el número de unidades cartografiadas (NUC), número de clases de contacto entre las unidades cartografiadas o pares diferentes de unidades cartografiadas que tienen límites comunes (NCC) y número total de teselas (polígonos) (NTES) cartografiadas. La existencia de una sola unidad en una cuadrícula implica cero contactos en esa cuadrícula.

Tabla 2. Localización de los transectos (TSEC) por filas, con indicación de la primera y última cuadrículas analizada en la red UTM y número de cuadrículas de cada uno de ellos.

Location of the three transects (TSECs 1, 2 and 3) considered in the present study. All three transects run west-east. For each transect, the table shows the latitude band (UTM coordinates), the westernmost and easternmost grid squares, and the number of squares included in the transect.

TSEC	CUADRICULAS			
	FILA	INICIO	FINAL	NUMERO
1	474-476	MH 48	XN 68	35
2	468-470	NG 50	EG 52	47
3	458-460	UL 38	DF 42	28

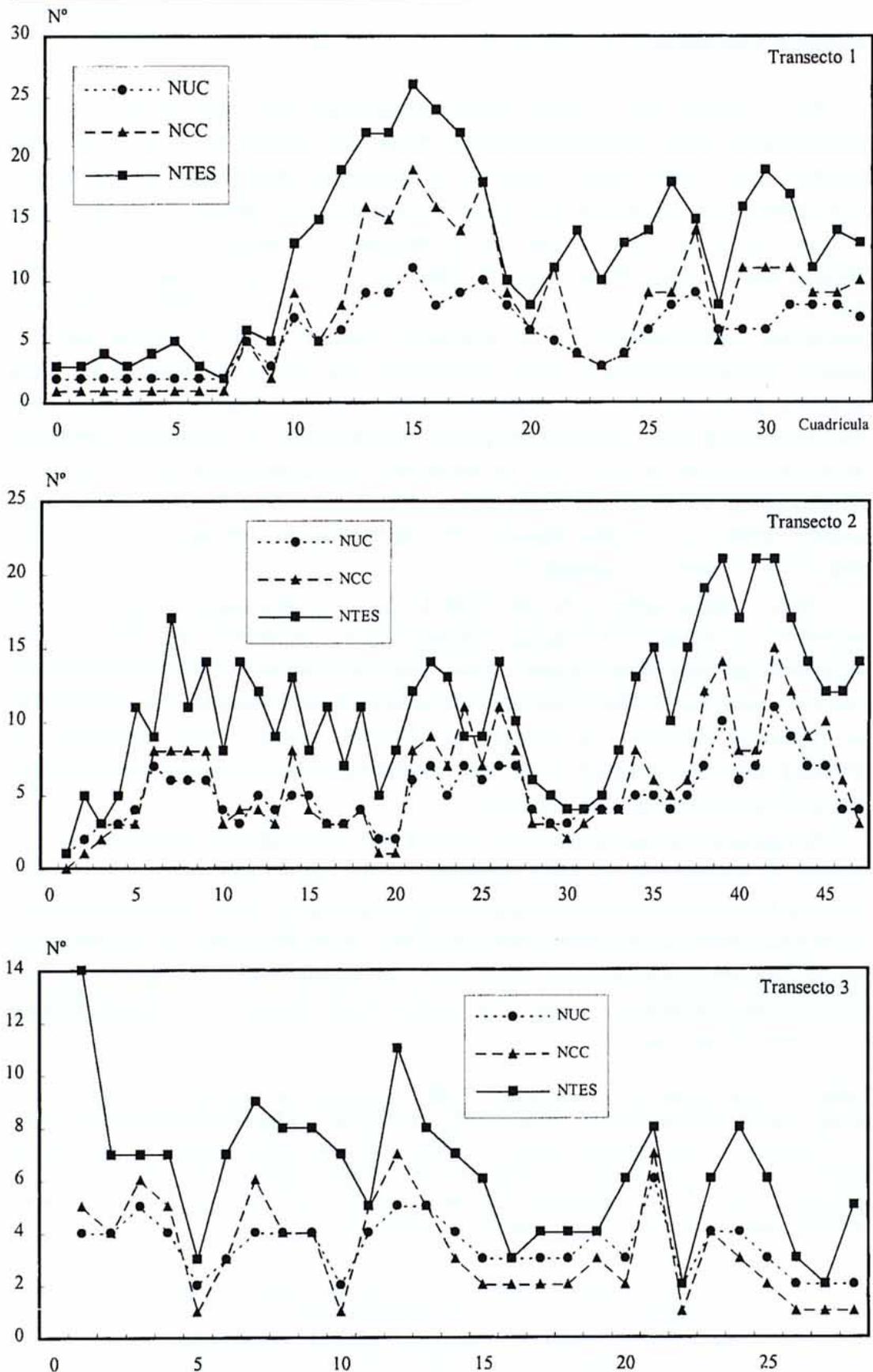


Figura 1. Representación gráfica de los datos originales de diversidad fitosociológica: número de unidades cartografiadas (NUC), número de clases de contactos (NCC) y número de teselas cartografiadas (NTES) en los tres transectos analizados.

Graphical representation of *number of mapped units* (NUC), *number of contacting community pairs* (NCC) and *total number of mapped tessels* (NTES) along the three transects.

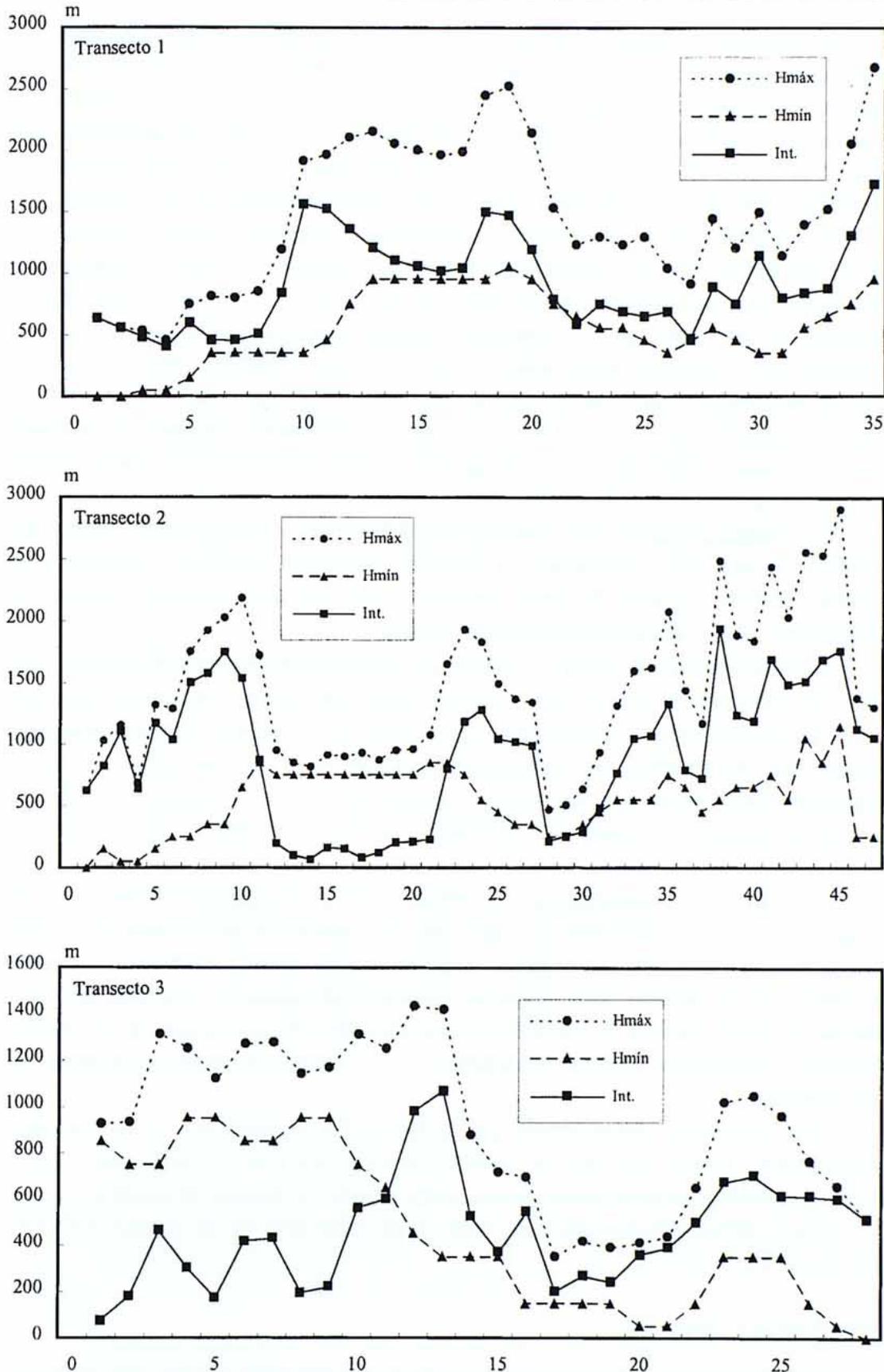


Figura 2. Representación gráfica de los datos originales de altitud: altitud máxima (Hmáx), altitud mínima (Hmín) e intervalo altitudinal (Int) en los tres transectos analizados.

Graphical representation of *maximum altitude* (Hmáx), *minimum altitude* (Hmín) and *altitude interval* (Int) along the three transects.

El transecto 1 (figura 1) arranca de la ría de Corcubión, en la costa atlántica, con la inclusión de Finisterre, y atraviesa Galicia hasta sobrepasar Os Ancares (picos Tres Bispos, Miravalles, Catoute, Villabandín) y continúa a lo largo de la Cordillera Cantábrica (picos Espigüete, S^a de Alba) con territorios que pertenecen bien a la región Eurosiberiana bien a la Mediterránea. Finaliza este transecto en el Pirineo Navarro, en el Roncal, justo en la margen derecha del río Aragón.

El transecto 2 parte de la rías de Pontevedra –incluida la ciudad– y atraviesa la sierra del Suido, todo en la región Eurosiberiana. A partir de la depresión de Orense los territorios son mediterráneos: valle del Sil, sierra de O Eixo y pico Teleno, avanzando por el sur de la Cordillera Cantábrica segmentando las cuencas del Orbigo, Esla, Sequillo, Valderaduey, Cea, Pisuerga y Arlanzón, hasta las sierras de La Demanda y San Lorenzo para entrar, hacia levante, en la depresión del Ebro. A partir de la sierra de Laorre, el transecto de nuevo comparte las regiones Eurosiberiana y Mediterránea a lo largo de las sierras de Guara, Lori, Cadí y Tossa, para finalizar en el cabo de Creus.

Por último, el transecto tres se inicia en Valladolid, continúa por la cuenca del Duratón, parameras de Almazán, La Almunia, depresión del Ebro, confluencia del Cinca y el Segre, Llanos de Urgel, Penedés, valle bajo del Llobregat y remata en Barcelona. Todo el segmento es mediterráneo.

Los datos de alturas (figura 2) provienen de mapas del Servicio Geográfico del Ejército, de escala 1/200000, con curvas de nivel cada 100 m. Las alturas máximas (HMAX) tienen precisión de unidades, con base en la cota más alta señalada en la cuadrícula, mientras que las alturas mínimas (HMIN) se han redondeado de forma automática a la media del intervalo de las curvas de nivel, con base en la última curva cartografiada. El intervalo (INTER) es la diferencia entre las alturas máxima y mínima.

Los datos correspondientes a las medidas de diversidad utilizadas han sido comparados entre sí mediante el coeficiente de correlación de Pearson para conocer la relación existente entre ellas. Las diferencias entre transectos, tanto para variables de diversidad como para las variables altitudinales, han sido comprobadas mediante análisis de varianza. Como paso previo, los valores de diversidad han sido sometidos a la transformación $x' = x^{1/2}$ para aproximar su distribución a la normal.

Para explorar la dependencia que la diversidad pueda tener de las variables altitudinales, hemos utilizado un análisis de regresión multivariable paso a paso. Como medida de la diversidad hemos seleccionado el número de teselas.

Los análisis estadísticos han sido realizados con el programa SYSTAT (SYSTAT INC., 1992).

Resultados y discusión

Los transectos analizados suman más de 40.000 km², e incluyen 110 cuadrículas que contienen más de setenta de los tipos de vegetación cartografiados en los mapas de España (Península más Baleares y Canarias), con un total de 107 cabezas de serie sucesional más algunas variantes y comunidades riparias.

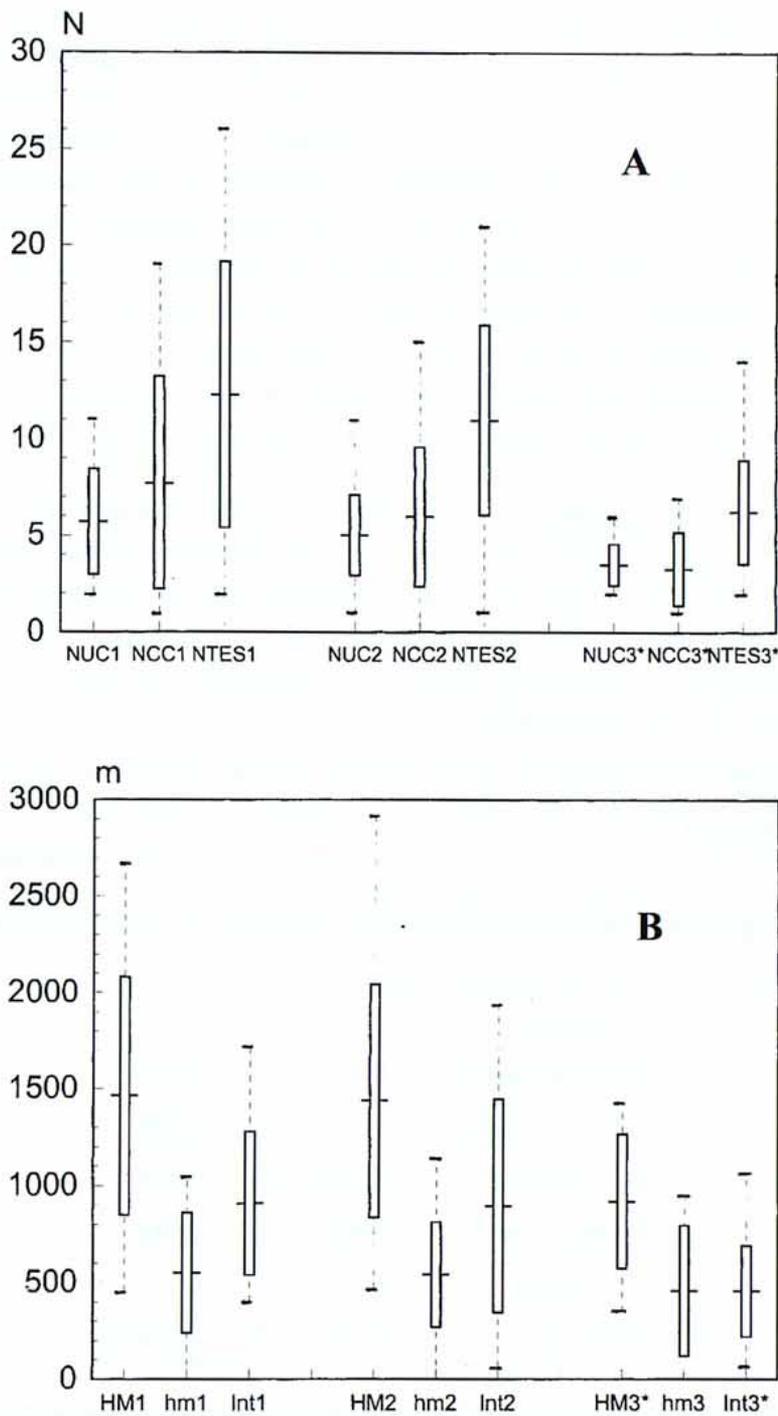


Figura 3. Medias, desviaciones típicas e intervalos absolutos de las variables estudiadas en los tres transectos. A: parámetros de diversidad fitosociológica, B: parámetros altitudinales. NUC: número de unidades cartográficas, NCC: número de clases de contactos, NTES: número de teselas. H: H máxima, h: H mínima, Int: Intervalo. 1, 2, 3: número del transecto. El asterisco indica diferencias significativas entre grupos en el análisis de Tukey ($p < 0,05$).

Summarized vegetation (A) and altitude (B) characteristics of the three transects, showing means, standard deviations and absolute ranges for *number of mapped units* (NUC), *number of contacting community pairs* (NCC), *total number of mapped tessels* (NTES), *maximum altitude* (Hmax), *minimum altitude* (Hmin) and *altitude interval* (Int).

La figura 1 refleja los datos brutos de diversidad fitosociológica por cuadrículas expresada por el número de comunidades cartografiadas, número de clases de contactos entre ellas y número total de teselas. Son evidentes diferencias notables entre cuadrículas y entre transectos, con tendencia clara a evolucionar los tres parámetros analizados de forma paralela. Las diferencias entre transectos se ponen de manifiesto en la figura 3 y en la tabla 3. Es clara la mayor riqueza media de cualquiera de los parámetros fitosociológicos considerados así como las medias de las alturas máximas e intervalos altitudinales en los transectos uno y dos frente al transecto tres. En general, pero más en los dos primeros, es notable una media superior a 5 unidades cartografiadas por cuadrícula. El número medio de clases de contactos, de la misma manera, es mayor para los dos primeros transectos, alrededor de dos veces el valor del transecto tres. De acuerdo con la tendencia general, la media de teselas por cuadrícula, es mucho más alta en los transectos uno y dos, entre once y doce, que en el tres; al respecto hay que señalar que en los transectos dos y tres, sobre todo en este último, los incrementos de teselas no se justifican tanto por el número de tipos de vegetación potencial sino por los ríos que descienden de la Cordillera Cantábrica y segmentan los dominios potenciales de las cabezas de serie climatófilas.

Tabla 3. Resultados del análisis de la varianza, que compara las diferencias existentes entre los tres transectos. Las diferencias par a par obtenidas mediante el análisis de Turkey se ilustran en la figura 3.

Results of the analyses of variance (six separate analyses, each with te single factor transect) to investigate among-transect variation in each of the six grid-square descriptors. Significant pairwise differences (as identified by Tukey tests) are indicated in Figure 3.

VARIABLE	F	G.L.	P
Nº Unidades	7,44	2	0,001
Nº Cl. Contac.	7,44	2	0,001
Nº Teselas	10,39	2	0,000
H máxima	9,601	2	0,000
H mínima	0,870	2	0,422
Intervalo	11,01	2	0,000

Los intervalos de variación de los parámetros de vegetación son amplios, con la constante anterior de valores más altos en los transectos uno y dos (figura 3).

Respecto a las variables altitudinales destaca, sobre todo, la altitud de los territorios analizados y los intervalos absolutos por transectos y por cuadrículas (figura 3). La cota más alta se alcanza en el transecto dos, en el macizo de Tossa (2909); en el transecto uno la cota más alta es el pico Villaurín (2670 m) y en el transecto tres las mayores alturas no sobrepasan los mil quinientos metros. Los tres transectos tienen cuadrículas con altura cero. Las medidas de las cuadrículas reflejan desniveles considerables, de hasta mil novecientos metros. Las medias altitudinales en el conjunto de los tres transectos son altas, tanto para las máximas (1316 m), como para la mínimas (531 m), así como para los intervalos (790 m). La

marcada condición montañosa de dos de los transectos y la meseteña del tercero justifican la elevada altitud media de las máximas cotas de las cuadrículas del conjunto de los transectos (1316 m). Lo accidentado del terreno se manifiesta también por la media de los intervalos altitudinales de las cuadrículas.

Los transectos reflejan aspectos vegetacionales dispares. En el conjunto de las 110 cuadrículas analizadas se obtiene una media de 4,85 asociaciones, 5,84 clases de contactos y 10,2 teselas por cuadrícula de 400 km². Los transectos 1 y 2 son más ricos que el transecto 3, bien sea en los valores medios o en los máximos y mínimos absolutos de cualquiera de las variables fitosociológicas (figura 3). En el transecto 3, mucho más pobre en todos los sentidos, los valores de las variables están por debajo de la media general o se superan ligeramente en unas pocas cuadrículas.

La diversidad fitosociológica se manifiesta de muchas formas y está condicionada por numerosos factores (edáficos, antrópicos, climáticos, históricos). En este caso se han considerado las tres variables citadas y se han contemplado en relación con variables altitudinales que, a su vez, son condicionantes de otros factores, principalmente climáticos. Sin embargo, el esfuerzo para analizar las variables de uno y otro campo no es el mismo. Por ello se ha calculado la correlación entre las variables fitosociológicas para eliminar las redundantes, con una alta correlación entre el número de unidades cartografiadas y los otros dos parámetros (tabla 4).

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables de diversidad fitosociológica. **: $p > 0,001$; *: $p > 0,01$.

Pearson correlations between the three measures of phytosociological diversity considered.

	NUC	NCC	NTSEC
NUC	1,000		
NCC	0,948**	1,000	
NTSEC	0,825**	0,861**	1,000

El estudio de regresión efectuado muestra que la variable altura máxima es la que tiene mayor peso a la hora de condicionar la diversidad de un área (tabla 5).

Tabla 5. Resultado del análisis de regresión múltiple paso a paso para caracterizar los efectos de la altitud sobre la riqueza de vegetación potencial expresada por el número de unidades cartografiadas. La variable *intervalo* ha sido excluida del modelo por su colinealidad con la variable H máxima.

Results of stepwise multiple regression to characterize the effects of *minimum altitude* and *maximum altitude* on potential-vegetation-type richness as measured by *total number of mapped tessels*. *Altitude interval* was not considered as a predictor variable, in view of its close correlation with *maximum altitude*.

Variable	Coefic. st.	T	P
H mínima	0,20	2,30	0,23
H máxima	0,58	6,75	0,000

Ello simplifica considerablemente la toma y análisis de datos, que puede reducirse a la altitud máxima de las cuadrículas y al número de teselas. Dada la correlación entre el número de teselas y el número de unidades cartografiadas de la cuadrícula (tabla 4), se puede operar simplemente con esta última variable, lo que permite comparar la diversidad de los territorios sin necesidad de cartografiar la vegetación con tal de que los criterios de definición de las unidades reconocidas sean homogéneos.

Conclusiones

La cartografía de comunidades potenciales revela una importante diversidad en el número de unidades, número de clases de contacto entre ellas y número de teselas existentes en superficies constantes. La correlación entre estas variables fitosociológicas es alta y significativa, lo que permite usar el número de comunidades como expresión de la diversidad fitosociológica y de su distribución sin necesidad de considerar las otras dos ni de cartografiar el territorio. El análisis de diversidad no muestra diferencias significativas entre los dos primeros transectos analizados y muestra diferencias significativas entre éstos dos y el transecto 3 para cualquiera de las variables de vegetación.

Las variaciones de los parámetros de vegetación son efecto de numerosos factores; entre estos se ha comprobado el efecto de las variables relacionadas con la altitud. La altitud máxima muestra la mejor correlación con las variables de vegetación, en concreto con el número de teselas cartografiadas, valor, este último, que se puede sustituir por el de unidades de vegetación presentes dada la correlación entre estos dos valores.

A partir de estos datos es posible la comparación entre territorios y establecer escalas de riqueza para superficies dadas.

Agradecimientos

A J.M.^a Sánchez por sus aportaciones en el tratamiento estadístico de los datos.

Bibliografía

- BISBY, F.A. 1995 - Characterization of Biodiversity. In *Global Biodiversity Assessment* (V.H. HEYWOOD, ed.): 1-20. Cambridge Univ. Press.
- HEYWOOD, V.H. & BASTE, I. 1995 - Introduction. In *Global Biodiversity Assessment* (V.H. HEYWOOD, ed.): 21-106. Cambridge Univ. Press.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987 - *Mapas de las series de vegetación de España*. ICONA. Minist. Agric., ser. Técnica. Madrid.
- SYSTAT INC. 1992 - *SYSTAT for Windows, Version 5 Edition*. Evanston, IL.