

APLICACIÓN DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD FITOSOCIOLÓGICA A LA SERIE DE VEGETACIÓN DEL ENCINAR MESOMEDITERRÁNEO VALENCIANO

Emilio Laguna Lumbreras¹, P. Pablo Ferrer-Gallego^{1,2} y Miguel Guara Requena³

¹*Generalitat Valenciana. Servicio de Vida Silvestre-CIEF. Quart de Poblet, Valencia*

²*Generalitat Valenciana. VAERSA. Valencia*

³*Universitat de València. Depto. de Botánica y Geología. Burjassot, Valencia*

¹ *laguna_emi@gva.es*, ² *flora.cief@gva.es*, ³ *miguel.guara@uv.es*

RESUMEN:

A fin de conocer el comportamiento de los índices de diversidad fitosociológica propuestos por Laguna & Ferrer-Gallego (2015: *Flora Montiberica* 60: 18-31) cuando se aplican a las comunidades de una sucesión vegetal, se han calculado los valores para la dominancia ($D = 1 - \text{índice de Simpson}$), diversidad (índice de Shannon) y equitabilidad (índice de Pielou) para las asociaciones vegetales de la serie de vegetación del carrascal mesomediterráneo valenciano *Hedero helicis-Quercus rotundifoliae* sigmetum, a partir de inventarios tomados en la Umbría del Fresnal de Buñol (Sierra de Malacara, Valencia). El comportamiento observado de los índices sigue pautas parecidas a las esperables si se hubieran utilizado los mismos índices aplicados al número de individuos.

Palabras clave: Fitosociología, Índices de diversidad, Encinar, Comunidad Valenciana

ABSTRACT (Application of indices of phytosociological diversity to the vegetation series of the valencian mesomediterranean holm-oak):

In order to know the behaviour of the phytosociological diversity indices proposed by Laguna & Ferrer-Gallego (2015: *Flora Montiberica* 60: 18-31) when they are applied to the communities of a same plant succession, the values for dominance ($D = 1 - \text{Simpson's index}$), diversity (Shannon's index) and equitability (Pielou's index) have been calculated, referred to the plant associations belonging

the vegetation series of the Valencian mesomediterranean holm-oak forest *Hedero helicis-Quercu rotundifoliae* sigmetum. Relevés were taken in Umbría del Fresnal de Buñol (Malacara Mts., province of Valencia). The observed behaviour of the indices follows patterns similar to those expected if the same indices applied to the number of individuals.

Keywords: Phytosociology, Diversity indices, Holm-oak forest, Valencian Community

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la diversidad en las comunidades vegetales se ha abordado tradicionalmente a través del empleo de diversos índices (v. Whittaker, 1972; Hill, 1973; Tóthmérész, 1995); usualmente no se trata de índices exclusivos del ámbito fitosociológico o biogeográfico, sino que suele hacer uso de los de diversidad específica más conocidos como los de Shannon, Simpson, etc. (v. Margalef, 1998; Moreno, 2001; Magurran, 2004; Tóthmérész, 2013). A estos índices cabe unir los de otros tipos, que analizan la diversidad taxonómica (Clarke & Warwick, 1998) y funcional (Petchey & Gaston, 2002; Córdova-Tapia & Zambrano, 2015), la rarefacción (Hurlbert, 1971), etc. El uso de estos índices es frecuente en estudios de la vegetación cuando se parte del conteo de ejemplares (v.g. Gavilán & Rubio, 2005; Khan et al., 2012; Merganič et al., 2015) lo que a menudo los restringe a estratos o grupos concretos de plantas, como en el cálculo de diversidad de las especies leñosas a partir de inventarios basados en el método de Gentry (1982), abordado por el método MIFC –Metodología de Inventario de Formaciones Vegetales– por Cámara y Díaz del Olmo (2013).

El uso de los índices de diversidad es más inhabitual cuando se intenta obtener información a partir de los inventarios fitosociológicos de la escuela de Zürich-Montpellier o de Braun-Blanquet (1979), ya que está ampliamente limitada por la escala de estima subjetiva de la abundancia-dominancia de las especies. Laguna & Ferrer-Gallego (2015) propusieron el empleo de diferentes índices clásicos de diversidad utilizando los valores de abundancia-dominancia de las tablas de inventarios fitosociológicos, transformados a sus valores de cobertura media de Meijer (1949). La diferencia respecto a las formas clásicas de cálculo de la diversidad específica estriba en utilizar como unidad de medición dicha cobertura, en vez de número de individuos de cada especie. Algunos autores han utilizado de hecho esta misma vía, aunque sin formalizarla como una metodología propia, como ocurre entre otros en los trabajos de Gastauer et al. (2012), Galán de Mera et al. (2014), Solé-Senan et al. (2014 y 2017) o Mehrvarz et al. (2016). Debe indicarse que la propuesta de Laguna & Ferrer-Gallego (2015) no pretende sustituir al empleo de los mismos índices tomados sobre la base del conteo de ejemplares de las especies, ya que su significado biológico es obviamente distinto. Tampoco se plantea como una metodología de empleo usual, dado que el método de estimación de la cobertura a través de los rangos de Braun-Blanquet, adolece obviamente de defectos que no poseen sistemas más precisos de medición sobre el terreno. Por el contrario, y aunque

el método se pueda emplear cuando no existan mejores alternativas, se propone sobre todo para abordar el rescate de información útil de la ingente cantidad de inventarios fitosociológicos históricos, siempre que se observen patrones concretos en el comportamiento de los índices. Hasta ahora la obtención de información de los inventarios con posterior uso estadístico ha sido muy limitada (Wildi, 2010), y ha exigido siempre de transformaciones de los datos, como la propuesta y posteriormente mejorada de Maarel (1979, 2007), recogida por Dengler (2017) y usada entre otros por Bloch-Orłowska & Meissner (2016), convirtiendo los datos de abundancia-dominancia en otro parámetro, la cobertura-abundancia.

Durante la presentación de algunos resultados de uso de estos índices en el IX Congreso Español de Biogeografía (Laguna et al., 2016) se planteó la conveniencia de testar su comportamiento en la sucesión vegetal, para ver si siguen una regla general similar a la de los índices de diversidad específica calculados a partir del conteo de ejemplares. Lo esperable, por tanto, sería un incremento progresivo de la diversidad a lo largo de la sucesión vegetal, con un ligero declive en el paso de la preclímax a la clímax (Margalef, 1998; Ferrer et al., 2001); no obstante, conviene recordar que otras hipótesis, como la de la alteración en etapas intermedias –“Intermediate-Disturbance Hypothesis”, IDH–, plantean que los valores de diversidad pueden ser superiores en momentos intermedios de la sucesión (v. Roberts & Gilliam, 1995).

Conforme a todo lo anterior, en el presente trabajo se ha testado el comportamiento de índices de diversidad, dominancia y equitabilidad calculados conforme a Laguna & Ferrer-Gallego (2015) en las etapas de la serie de vegetación del carrascal basófilo mesomediterráneo valenciano de umbría (*Hedero helicis-Quercetum rotundifoliae* Costa, Peris & Stübing 1987), asumiendo diversas hipótesis de partida:

1) Dado que las series de vegetación se plantean como sucesiones degradativas, estableciendo las etapas de sustitución de una vegetación potencial (Rivas-Martínez, 1976), la genuina sucesión vegetal –progresiva desde etapas pioneras de plantas anuales hasta las más estabilizadas de máxima cobertura y acumulación de mineralomasa – puede plantearse de modo simplificado con sus mismas etapas tomadas en sentido inverso, en tanto no existan fuertes alteraciones ambientales –p. ej., incendios periódicos, erosión excesiva, etc.

2) Dado que las asociaciones vegetales se han descrito con áreas proporcionales al tamaño de las especies que las componen, pueden compararse entre sí siempre que los inventarios se refieran a dichas áreas, tomadas conforme a las recomendaciones habituales de la escuela fitosociológica. Éstas corresponderían a las usadas en las propias descripciones de las comunidades vegetales o, por defecto, a las recomendadas por Alcaraz (2013).

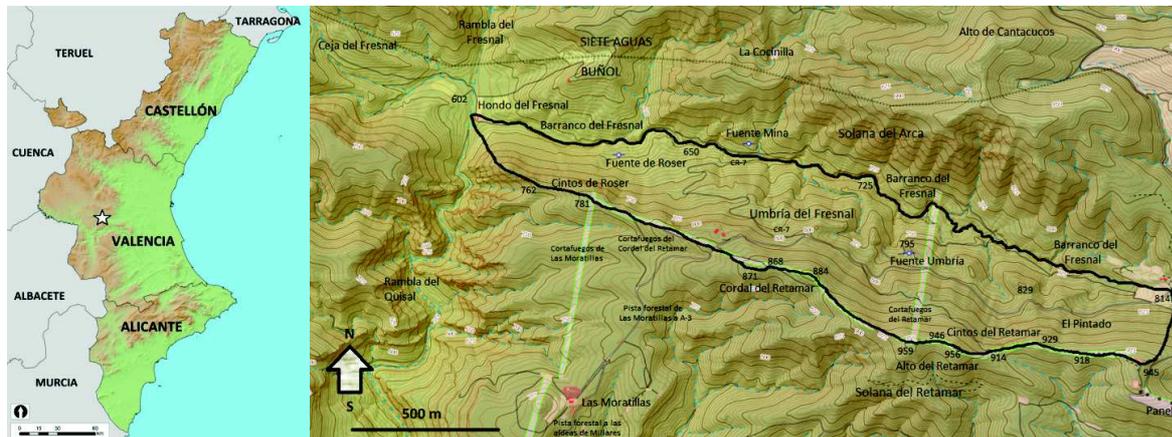
2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO Y COMUNIDADES VEGETALES

El presente estudio se ha aplicado a comunidades vegetales presentes en la Umbría del Fresnal de Buñol, zona cuya ubicación, descripción básica y contenido

botánico y fitosociológico han sido expuestos en los trabajos de Laguna et al. (2015), Gómez Montblanch et al. (2016) y Meaza et al. (2016), a partir de descripciones más detalladas de Laguna (1995 y 1997). La Figura 1 permite ver la localización de la zona de estudio y sus límites.

Figura 1. Localización dentro de la Comunidad Valenciana y límites de la zona de estudio.



Los inventarios de vegetación para cada una de las comunidades vegetales más adelante indicadas, son los que figuran en el trabajo de Laguna (1995). La Umbría del Fresnal posee 204 ha y se sitúa hacia el centro geográfico de la provincia de Valencia, con una altitud comprendida entre 605 a 964 m.s.n.m., y suelos de naturaleza básica derivados de calizas, dolomías, margas y areniscas de matriz calcárea; bioclimáticamente, atendiendo a la clasificación de Rivas-Martínez et al. (2001) se adscribe al piso mesomediterráneo superior seco-subhúmedo con tendencia al supramediterráneo inferior subhúmedo por efecto topográfico; en lo referente a la corología (Rivas-Martínez, 2007) se sitúa en el extremo NW del sector Setabense –subprovincia Valenciana, provincia Catalano-Provenzal-Balear.

La serie de vegetación climatófila es el *Hedero helicis-Quercu rotundifoliae* sigmetum, inicialmente descrita por Costa et al. (1987) para el sector Valenciano-Tarraconense y extendida al Setabense por Rivas-Martínez (2011). Las principales características de estas series de vegetación están indicadas por el mismo autor (Rivas-Martínez, 2011).

Las comunidades vegetales de la citada serie de vegetación presentes en la Umbría del Fresnal se indican en la tabla 1, incluyendo el código y nombre recogidos en el catálogo de Rivas-Martínez et al. (2001), donde pueden consultarse los protólogos o autorías de los sintáxones. Para las formaciones vegetales no indicadas allí, se especifica su carácter local y la alianza fitosociológica a la que se adscriben; la descripción de estas comunidades ha sido abordada por Laguna (1995 y 1997), sin proponerse nuevas asociaciones vegetales en sentido estricto. Los inventarios de las diferentes comunidades son los publicados por Laguna (1995). Dado que la interpretación sobre la serie de vegetación ha variado desde su descripción hasta la actualidad por la extensión ya indicada, cada etapa de su composición intermedia puede estar cubierta por más de una asociación vegetal, por lo que se han incluido todas ellas en la tabla 1. Considerando las abreviaturas allí indicadas,

las comunidades pueden describirse sintéticamente como: SH: Pastizal terofítico de efimerófitos; PB: Lastonar, herbazal permanente xérico, que evolucionaría a la forma de tomillar del tipo HTt; LB: Fenalar, herbazal permanente de ambiente fresco que evolucionaría al aulagar HTa; HTt: Tomillar valenciano con pebrella (*Thymus piperella*); HTa: aulagar valenciano con pebrella; RQ: Coscojar continental (localmente coscojares con/sin *Pinus halepensis* y con *Fraxinus ornus*); HC: Fresnedas de flor (= fresnales valencianos) en orlas forestales; HQ: Encinar (carrascal) meso-supramediterráneo calcícola valenciano de umbría.

Tabla 1. Comunidades vegetales presentes en el área de estudio.

CÓDIGO Y NOMBRE DE LA ASOCIACIÓN O COMUNIDAD VEGETAL	Abr	n	área (m ²)
50.13.13 <i>Saxifraga tridactylitae</i> - <i>Hornungietum petraeae</i> (<i>Trachynion distachyae</i>)	SH	18	2,833 ± 1,295
56.1.4 <i>Phlomido lychnitidis</i> - <i>Brachypodietum retusi</i> (<i>Thero-Brachypodion ramosi</i>)	PB	8	28,875 ± 6,556
51.3.6 <i>Lathyro tremolsiani</i> - <i>Brachypodietum phoenicoidis</i> (<i>Brachypodion phoenicoidis</i>)	LB	8	36,000 ± 4,504
64.1.20 <i>Thymo piperellae</i> - <i>Helianthemum marifolii</i> (<i>Rosmarinion officinalis</i>) formas camefíticas [tomillares]	HTt	8	43,625 ± 4,241
64.1.20 <i>Thymo piperellae</i> - <i>Helianthemum marifolii</i> (<i>Rosmarinion officinalis</i>) formas fanerocamefíticas [aulagares], tendentes a 64.1.19 <i>Teucro homotrichi</i> - <i>Ulicetum parviflori</i>	HTa	6	50,167 ± 7,223
75.7.9 <i>Hedero-Cytisetum patentis fraxinetosum orni</i> (<i>Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae</i>)	HC	22	99,727 ± 9,857
75.7.14 <i>Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae</i> (<i>Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae</i>)	RQ	9	101,111 ± 10,541
75.1.12 <i>Hedero helicis-Quercetum rotundifoliae</i> (<i>Quercion ilicis</i>)	HQ	8	116,250 ± 19,955

Número de inventarios (n) y su superficie, usados para los análisis de índices de diversidad. Abr: Abreviaturas empleadas para la Figura 2.

Se han adscrito a la comunidad *Hedero-Cytisetum patentis* las fresnedas de flor – localmente denominadas ‘fresnales’, con *Fraxinus ornus*–, con independencia de su ubicación y talla, ya que por su composición florística no encajan suficientemente en la formación termófila 75.3.13 *Viburno tini-Fraxinetum orni* del catálogo de Rivas-Martínez et al. (2001), descrita por Costa et al. (1995) para el termoclima termomediterráneo; para esa asociación vegetal no se ha formulado hasta el momento su extensión al piso inmediatamente superior, pendiente de la materialización cartográfica del trabajo de Rivas-Martínez (2011). La zona de estudio alberga el *Typus nominis* de la subasociación *fraxinetosum orni* del *Hedero-Cytisetum patentis* (v. Mateo, 1983: 264-267), descrita precisamente para caracterizar las comunidades valencianas de orla forestal fresca con fresno de flor. Cabe señalar que todas las

formaciones de *Quercetea ilicis*, incluyendo las maquias que en otras áreas poseen porte nanofanerofítico, presentan en la zona de estudio un vuelo arbóreo de *F. ornus*. En algunas obras—p. ej., Ballester & Stübing, 1990— estas formaciones se han indicado como subasociación *fraxinetosum orni* de las mismas asociaciones vegetales, diferentes del *Hedero-Cytisetum patentis*, pero tales propuestas no llegaron a publicarse, no siendo válidas conforme al Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica –ICPN– (Weber et al., 2000).

Para algunos de los sintáxones de la tabla 1 se han propuesto en diferentes publicaciones modificaciones de los binómenos, pero dado que no se ha realizado la aceptación definitiva de las propuestas de modificaciones de tales nombres conforme al ya citado código en los últimos años, se han mantenido aquí tal y como aparecen en el catálogo de Rivas-Martínez et al. (2001). El caso más reseñable es el de la comunidad *Hedero-Cytisetum patentis*, que ha recibido nombres como *Hedero-Cytisetum heterochroi* —p. ej. Laguna (1995)— y *Hedero-Telinetum patentis* —p. ej., Rivas-Martínez (2011)—, pendientes de la ratificación del comité previsto en el ICPN. El tratamiento nomenclatural de las especies citadas en el texto sigue las autorías contenidas en Mateo & Crespo (2014) y Mateo et al. (2011-2015).

2. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Se ha seguido el método de Laguna & Ferrer-Gallego (2015), consistente en calcular índices de diversidad a partir del empleo de los grados de abundancia-dominancia —grados + a 5 conforme a la metodología de Braun-Blanquet (1979)—, transformados en unidades proporcionales de cobertura del inventario mediante el empleo de las coberturas medias Meijer (1949), según se indica en la Tabla 2. La unidad empleada para los índices —equivalente a la que hace la función del ejemplar de cada especie en los cálculos usuales de diversidad específica—, es la milésima parte del área inventariada, obtenida en este caso al multiplicar por 10 la cobertura media de Meijer para esa especie. El rango ‘r’ de abundancia-dominancia se ha asimilado al valor +, ya que no suele utilizarse habitualmente en la toma de inventarios por la mayoría de autores españoles.

Tabla 2. Rangos de cobertura, valores medios de Meijer y nº de unidades para cálculo de índices de biodiversidad, correspondientes a los rangos de abundancia-dominancia (AD).

Grado AD	Rango de cobertura	Cobertura media de Meijer	Nº de unidades
+	<1%	0,1%	1
1	1-10%	5%	50
2	10-25%	17,5%	175
3	25-50%	37,5%	375
4	50-75%	62,5%	625
5	75-100%	87,5%	875

Para cada comunidad vegetal se consideraron todos los inventarios de las asociaciones vegetales indicadas en la tabla 1 y se calcularon para cada una de ellas: 1) Índice de diversidad H de Shannon; 2) Índice de dominancia D, obtenido como la diferencia entre la unidad y el índice de Simpson; 3) Índice de equitabilidad J de Pielou. La descripción y comportamiento de estos índices está detallada entre otros en Heip et al. (1998) y Magurran (2004). Para los tests estadísticos se ha utilizado el programa PAST v.3.16 –<http://folk.uio.no/ohammer/past/index.html>– con fundamentos expuestos por Hammer et al. (2001).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 3 expone los resultados relativos al número de especies y de unidades de cobertura obtenidos para los cálculos de diversidad. Las comunidades se han ordenado en función de su relación con series de vegetación, y en el caso de la climatofila (*Hedero helicis-Quercus rotundifoliae* sigmetum), se han separado en función de su tipología morfológica, en pastizales, matorrales, maquias y bosques. Como puede observarse, globalmente puede hablarse de un progresivo incremento del número de especies y unidades de cobertura.

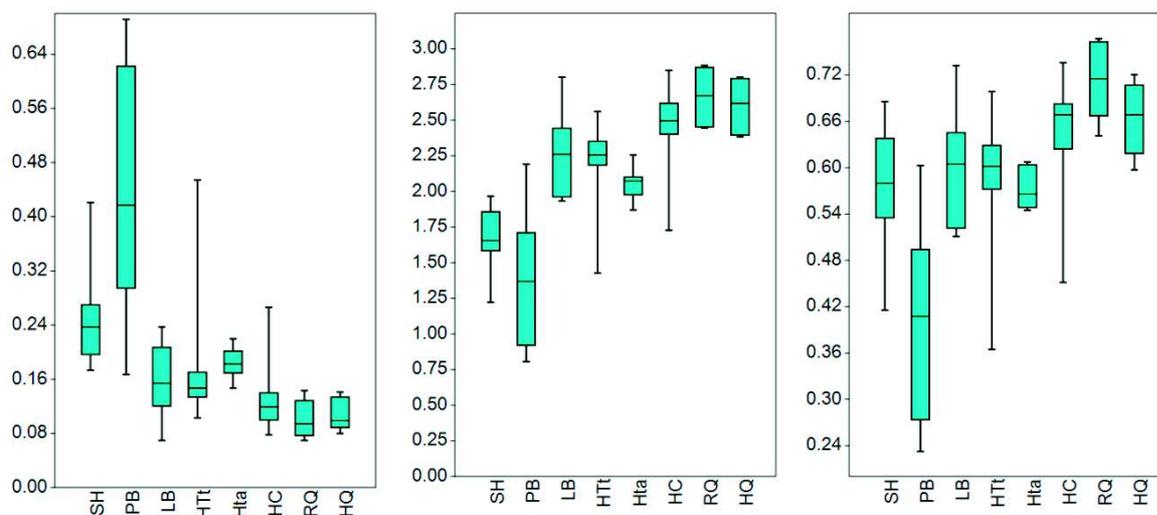
Tabla 3. Número de taxones y de unidades de cobertura en las diferentes comunidades vegetales analizadas.

Comunidad vegetal	Nº de taxones	Nº de unidades de cobertura
PASTIZALES		
<i>Saxifraga tridactylitis-Hornungietum petraeae</i>	18,111 ± 2,763	693,167 ± 556,364
<i>Phlomido lychnitidis-Brachypodietum retusi</i>	31,500 ± 4,309	825,750 ± 341,127
<i>Lathyro tremolsiani-Brachypodietum phoenicoidis</i>	44,000 ± 1,414	759,125 ± 169,575
MATORRALES		
<i>Thymo piperellae-Helianthemum marifolii</i> , tomillar	43,750 ± 4,234	666,625 ± 127,944
<i>Thymo piperellae-Helianthemum marifolii</i> , aulagar	36,333 ± 6,055	932,167 ± 248,510
MAQUIAS Y ORLA FORESTAL		
<i>Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae</i>	41,556 ± 4,720	2133,889 ± 847,383
<i>Hedero helicis-Cytisetum patentis fraxinetosum orni</i>	45,591 ± 4,113	2095,045 ± 407,735
BOSQUES		
<i>Hedero helicis-Quercetum rotundifoliae</i>	49,750 ± 2,315	2690,750 ± 670,722

En la tabla 4 y la figura 2 se exponen los resultados obtenidos para los índices D, H y J en cada una de las comunidades analizadas. En términos generales, puede considerarse que el valor de diversidad H aumenta progresivamente con la complejidad estructural y altura de las formaciones vegetales estudiadas, aunque en la sucesión de la vegetación climatofila que iría desde el pastizal terofítico *Saxifraga tridactylitis-Hornungietum petraeae* hasta el encinar *Hedero helicis-Quercetum rotundifoliae*

se detecta bien una depresión o estancamiento en el paso de los pastizales a las maquias, de modo que tanto los tomillares como los aulagares –ambos adscritos a *Thymo piperellae-Helianthemetum marifolii*– poseen valores muy próximos a los de los pastizales permanentes frescos (*Lathyro tremolsiani-Brachypodietum phoenicoidis*); considerando los valores del índice de Shannon para las tres formaciones –fenalar, tomillar y aulagar– el test de Kruskal-Wallis ha mostrado que no existen diferencias significativas entre ellos ($H=15,86$, $p=0,1054$).

Figura 2. Representación gráfica (boxplot) de los resultados de la tabla 3 para los índices de dominancia (gráfica izquierda), diversidad (centro) y equitabilidad (derecha).



Para las notaciones de las comunidades, ver Tabla 1.

Con respecto a la hipótesis a menudo planteada de que la entrada en la fase climácica de las comunidades puede implicar un ligero descenso de la diversidad, si consideramos como preclímax el coscojar-fresneda *Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae* y como clímax el encinar, los valores medios de la tabla 4 aparentan ir en ese sentido, pero las diferencias no son estadísticamente significativas atendiendo al test de Mann-Whitney ($U=25,5$, $p=0,3357$). Comparando conjuntamente el coscojar-fresneda, la fresneda de flor y el encinar, bajo la hipótesis de que las dos primeras comunidades podrían tener una función preclimácica, nuevamente el test de Kruskal-Wallis resulta ser no significativo ($H=5,482$, $p=0,06445$).

Para todos los casos antes comentados, y en general si se observa la tabla 4, el índice de dominancia se comporta en el sentido esperable, de modo que D tiende a tomar valores altos cuando disminuyen los de H y viceversa. El de equitabilidad tiende a cumplir que J posee un valor elevado cuando también lo es el de H, pero siempre dentro de cada grupo de tipos de vegetación.

En síntesis, los valores obtenidos permiten estimar que el comportamiento de los índices, y en especial el de diversidad de Shannon, obtenidos a partir de las coberturas fitosociológicas por la metodología de Laguna & Ferrer-Gallego (2015), tienden a comportarse de modo parecido al que podría esperarse si se hubieran empleado individuos reales, en vez de las unidades aquí empleadas. No obstante, lo aquí expresado es sólo un primer ensayo que debería extenderse en el futuro al

estudio de otras sucesiones vegetales, con la misma u otras series de vegetación, y en mayor amplitud de territorios.

Tabla 4. Valores obtenidos para los índices de dominancia (D), diversidad (H) y equitabilidad (J) a partir de los inventarios de las comunidades vegetales analizadas.

Comunidad vegetal	Dominancia D	Diversidad H	Equitabilidad J
<i>Saxifrago tridactylitis-Hornungietum petraeae</i>	0,244 ± 0,061	1,666 ± 0,203	0,578 ± 0,068
<i>Plomido lychnitidis-Brachypodietum retusi</i>	0,437 ± 0,183	1,379 ± 0,471	0,398 ± 0,125
<i>Lathyro tremolsiani-Brachypodietum phoenicoidis</i>	0,162 ± 0,054	2,295 ± 0,278	0,606 ± 0,071
<i>Thymo piperellae-Helianthemum marifolii, tomillar</i>	0,183 ± 0,112	2,199 ± 0,332	0,584 ± 0,097
<i>Thymo piperellae-Helianthemum marifolii, aulagar</i>	0,183 ± 0,025	2,043 ± 0,132	0,571 ± 0,028
<i>Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae</i>	0,104 ± 0,024	2,663 ± 0,177	0,710 ± 0,045
<i>Hedero helicis-Cytisetum patentis fraxinetosum orni</i>	0,127 ± 0,040	2,471 ± 0,242	0,648 ± 0,067
<i>Hedero helicis-Quercetum rotundifoliae</i>	0,105 ± 0,022	2,604 ± 0,157	0,667 ± 0,042

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer las aportaciones del revisor anónimo que analizó el manuscrito para su publicación en el presente libro, ya que sus comentarios han permitido hacer mejoras sustanciales al texto.

4. REFERENCIAS

ALCARAZ, F.J. 2013: *El método fitosociológico*. Murcia, Universidad de Murcia, 25 p. <http://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema11.pdf>. Consulta 10 julio 2017.

BALLESTER, G. & STÜBING, G. 1990: *Sierra del Carrascal de Alcoy: Flora y Vegetación*. Alicante, Caja de Ahorros Provincial de Alicante, Cuadernos de la Naturaleza nº 1, 92 p.

BLOCH-ORLOWSKA, J. & W. MEISSNER. 2016: "Diversity of vegetation with *Carex chordorrhiza* L.f. and factors affecting the species abundance across its geographical range in Europe". *Flora*, 224: 75-86.

BRAUN-BLANQUET, J. 1979: *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, Blume, 820 p.

CÁMARA, R. & DÍAZ DEL OLMO, F. 2013: "Muestreo en transecto de

formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (I): Fundamentos metodológicos”. *Estudios Geográficos*, 74:67-88.

CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 1998: “A taxonomic distinctness index and its statistical properties”. *Journal of Applied Ecology*, 35:523-531.

CÓRDOVA-TAPIA, F. & ZAMBRANO, L. 2015: “La diversidad funcional en ecología de comunidades”. *Ecosistemas*, 24: 78-87.

COSTA, M., PERIS, J.B. & STÜBING, G. 1987: “*Hedero helicis-Quercetum rotundifoliae*: una nueva serie de vegetación valenciano-tarraconense”. *Lazaroa*, 7: 85-91.

COSTA, M., PÉREZ BADÍA, M.R. & SORIANO, P. 1995: “Acerca de algunos bosques relictuales del Mediterráneo occidental, *Viburno-Fraxinetum orni* ass. nova”. *Fitosociología*, 29:181-185.

DENGLER, J. 2017: “Phytosociology”, en Richardson, D., Castree, N., Goodchild, M.F., Kobayashi, A., Liu, W. & Marston, R.A.: *The International Encyclopaedia of Geography*, John Wiley and Sons, pp. 1-6 (versión de en línea, DOI: 10.1002/9781118786352.wbieg0136)

FERRER, C., BARRANTES, O. & BROCA, A. 2001: “La noción de biodiversidad en ecosistemas pascícolas españoles”. *Pastos*, 31:129-184.

GALÁN DE MERA, A., LINARES, E., CAMPOS, J. & VICENTE, J. A. 2011: “Interpretación fitosociológica de la vegetación de las lomas del desierto peruano”. *Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology)*, 59: 809-828.

GASTAUER, M., BRAGA MESSIAS, M. C. & MEIRA NETO, J. A. 2012: “Floristic composition, species richness and diversity of Campo Rupestre vegetation from Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil”. *Environment and Natural Resources Research*, 2: 115-130.

GAVILÁN, R.G. & RUBIO, A. 2005: “Pueden los índices de diversidad biológica ser aplicados como parámetros técnicos de la gestión forestal?”. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 20: 93-98.

GENTRY, A.H. 1982. “Patterns of neotropical plant species diversity”, en Hecht, M.K., Wallace, B. & Prance, G.T.: *Evolutionary Biology*, vol. 15, Nueva York, Plenum Press, pp. 1-84.

GÓMEZ MONTBLANCH, D.C., LOZANO, P.J., LAGUNA, E., FERRER-GALLEGO, P.P. & MEAZA, G. 2016: “Análisis de la evolución diacrónica (1984-2014) de los fresnales de flor (*Fraxinus ornus* L. 1758) valencianos mediante la interpretación de su interactividad geocológica (Método Meaza)”. *Munibe Ciencias Naturales*, 64:53-78.

HAMMER, O., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001: “PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis”. *Palaeontologia Electronica*, 4(1):1-9.

HEIP, C.H.R., HERMAN, P.M.J. & SOETAERT, K. 1998: “Indices of diversity and evenness”. *Océanis*, 24(4):61-87.

HILL, M.O. 1973: “Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences”, *Ecology*, 54:427-473.

HURLBERT, S.H. 1971: “The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters”. *Ecology*, 52:577-586.

KHAN, S.M., PAGE, S., AHMAD, H., SHAHEEN, H. & HARPER, D. 2012: “Vegetation dynamics in Western Himalayas, diversity indices and climate

change”. *Science, Technology and Development*, 31:232-243.

LAGUNA, E. 1995: *Fenología de la flora y vegetación de la serie del carrascal basófilo mesomediterráneo en la umbría del Fresnal de Buñol (Sierra de Malacara, Valencia)*. Valencia, Universitat de València, Servei de Publicacions, Serie Tesis Doctorales en Microfichas nº 055-21, 6 microfichas, 1.980 p.

LAGUNA, E. 1997: *Vegetación y flora de la Umbía del Fresnal (Sierra de Malacara, Hoya de Buñol-Chiva)*. Buñol (Valencia), Instituto de Estudios Comarcales Hoya de Buñol-Chiva, Buñol, 141 pp.

LAGUNA, E. & FERRER GALLEGO, P.P. 2015: “Propuestas de aplicación de los índices de diversidad para usos taxonómicos, fitosociológicos y listas rojas de flora amenazada”. *Flora Montiberica*, 60:18-31.

LAGUNA, E., FERRER-GALLEGO, P.P., GÓMEZ MONTBLANCH, D.C., LOZANO, P.J. & MEAZA, G. 2015: “Datos sobre la evolución de los ‘fresnales’ o fresnedas de flor valencianas, obtenidos mediante el inventariado diacrónico”. *Geographicalia*, 67:77-105.

LAGUNA, E., FERRER-GALLEGO, P.P. & GUARA, M. 2016: “Propuesta de uso de índices de diversidad en inventarios fitosociológicos”, en Gómez Zotano, J., Arias, J., Olmedo, J.A. & Serrano, J.L. (eds.): *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*, Almenara (Castellón), Tundra Ediciones, pp. 240-248.

MAAREL, E. van der, 1979: “Transformation of cover-abundance values in Phytosociology and its effects on community similarity”. *Vegetatio*, 39: 97-114.

MAAREL, E. van der, 2007: “Transformation of cover-abundance values for appropriate numerical treatment – Alternatives to the proposals by Podany”. *Journal of Vegetation Science*, 18: 767-770.

MAGURRAN, A.E. 2004: *Measuring biological diversity*. Oxford, Blackwell, 264 p.

MARGALEF, R. 1998: *Ecología*. Barcelona, Omega, 968 p.

MATEO, G., 1983: *Estudio sobre la flora y vegetación de las sierras de Mira y Talayuelas*. Madrid, ICONA, Monografías nº 31, 290 p.

MATEO, G. & CRESPO, M.B. 2014: *Claves ilustradas para la flora valenciana*. Jaca (Huesca), Jolube Consultor Botánico y Editor, Monografías de *Flora Montiberica* nº 6, 500 p.

MATEO, G., CRESPO, M.B. & LAGUNA, E. 2011-2015: *Flora Valentina. Flora vascular de la Comunitat Valenciana*. Valencia, Fundación de la Comunidad Valenciana para el Medio Ambiente, 3 vols.

MEAZA, G., GÓMEZ MONTBLANCH, D.C., LAGUNA, E., FERRER-GALLEGO, P.P. & LOZANO, P.J. 2016: “Análisis diacrónico de la funcionalidad geocológica de los fresnales (*Fraxinus ornus* L.) de la Sierra de Malacara (Buñol, Valencia)”, en Gómez Zotano, J., Arias, J., Olmedo, J.A. & Serrano, J.L. (eds.): *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*, Tundra Ediciones, Almenara, pp. 298-307.

Mehrvaz, S.S., Naqinezdah, A., Ravanbakshk, M. & Vasefi, N. 2016: “A survey of plant species diversity and ecological species group from the coastal zone of Boujagh National Park, Guila, Iran”. *Ecologia Balkanica*, 8: 89-99.

MEIJER, E. 1949: “Combined taxation and presence in analysing and comparing association tables”. *Vegetatio*, 2:43-46.

Merganič, J., Merganičova, K., Marušák, R. & Adoulenská, V. 2015: "Plant diversity in forests", en Blanco, J.A. & Lo, Y.H. (eds.): *Forest ecosystems – More than just trees*, InTech, Rijeka, pp. 3-28.

MORENO, C.E. 2001: *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis SEA, vol. 1. , Zaragoza, CITED, ORCYT-UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa, 83 p.

PETCHEY, O.L. & GASTON, K.J. 2002: "Functional diversity (FD), species richness and community composition". *Ecology Letters*, 5: 402-411.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1976: "Sinfitosociología, una nueva metodología para el estudio del paisaje vegetal". *Anales del Instituto Botánico A.J. Cavanilles*, 33:179-188.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. 2007: "Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. [Memoria del Mapa de vegetación potencial de España]. Parte 1". *Itinera Geobotanica*, 17:5-435.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. (ed.) 2011: "Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. [Memoria del Mapa de vegetación potencial de España]. Parte 2". *Itinera Geobotanica*, 18(1-2): 5-800.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F., LOIDI, J., LOUSÃ, M. & PENAS, A. 2001: "Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level". *Itinera Geobotanica*, 14:5-341.

ROBERTS, M. & GILLIAM, F.S. 1995: "Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems: Implications for forest management". *Ecological Applications*, 5: 969-977.

SOLÉ-SENAN, X.O., JUÁREZ-ESCARIO, A., CONESA, J.A., TORRA, J., ROYO-ESNAL, A. & RECASENS, J. 2014: "Plant diversity in Mediterranean cereal fields: unraveling the effect of landscape complexity on rare arable plants". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 185:221-230.

SOLÉ-SENAN, X.O., JUÁREZ-ESCARIO, A., ROBLEÑO, I., CONESA, J.A. & RECASENS, J. 2017: "Using the response-effect trait framework to disentangle the effects of agricultural intensification on the provision of ecosystem services by Mediterranean arable plants". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 247:255-264.

TÓTHMÉRÉSZ, B. 1995: "Comparison of different methods for diversity ordering". *Journal of Vegetation Science*, 6:283-290.

TÓTHMÉRÉSZ, B. 2013: *Diversity*. Debrecen, University of Debrecen, 290 pp.

WEBER, H.E., MORAVEC, J. & THEURILLAT, J.P. 2000: "International Code of Phytosociological Nomenclature". *Journal of Vegetation Science*, 11:739-768.

WILDI, O. 2010: *Data analysis in vegetation ecology*. Nueva York, John Wiley and Sons, 211 pp.

WITTHAKER, R.H. 1972: "Evolution and measurement of species diversity". *Taxon*, 21:213-251.