

ANÁLISIS ECOLÓGICO DE LA FLORA DE DOS PARCELAS PIRENAICAS DE SEGUIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES¹

N. MADOTZ, R. Y. CAVERO & A. EDERRA

*Dpto. de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra.
C/ Iruñlarrea, s/n. E-31080 Pamplona (Navarra)
E-mail: nuriamadotz@yahoo.es*

ABSTRACT.– *Vegetation of two Pyrenean Forest Intensive Monitoring plots (23Qf: oak forest; 24Ps: pine-silver fir forest) has been sampled for one year. We have analysed life forms and chorological elements and characterized current status using Ellenberg Ecological values. Average for each factor and percentage of species assigned to different values for both plots have been compared. It has been proved that they reflect differences between plots, and diverse areas inside 24Ps plot. Average values are related to some characteristics of vegetation, and may be useful for detecting future environmental changes.*

Key words: Downy oak woods, Scots pine-Silver fir woods, forest monitoring, Ellenberg's system, Pyrenees, Spain.

RÉSUMÉ.– *La végétation de deux placettes permanentes de suivi des écosystèmes forestiers (23Qf: chênaie; 24Ps: pinède-sapinière) situées dans les Pyrénées occidentales a été échantillonnée pendant un an, afin d'analyser les types biologiques et chorologiques et de caractériser son état actuel d'après le Système de Valeurs Indicatrices d'Ellenberg. Les valeurs moyennes obtenues pour chacun des facteurs et le pourcentage des taxons correspondant à chacune des valeurs ont été comparés pour assurer qu'elles montrent des différences entre placettes ainsi qu'entre les différents habitats de la placette 24Ps. Puisque les valeurs moyennes de la flore sont liées à d'autres caractéristiques de la végétation, elles pourraient être employées comme des indicateurs du changement futur du milieu.*

Mots clé: Forêts de chêne pubescent et de pin sylvestre-sapin, suivi de parcelles forestières, valeurs d'Ellenberg, Pyrénées, Espagne.

¹ Recibido: 1-VIII-2005. Aceptado: 10-X-2005.

RESUMEN.– Tras los muestreos de la vegetación durante un año en dos parcelas pirenaicas de Seguimiento de los Bosques (23Qf: robledal; 24Ps: pinar-abetal), analizamos los espectros biológico y corológico y caracterizamos su estado actual empleando el Sistema de Valores ecológicos de las Plantas de Ellenberg. Comparamos los valores promedio obtenidos para cada factor, así como la distribución porcentual de los taxones asignados a cada valor en ambas parcelas, comprobando que reflejan las diferencias entre ellas, así como entre los diversos ambientes de la parcela 24Ps. Los valores promedio de la flora están relacionados con otras características de la vegetación y podrían emplearse como indicadores de futuros cambios en el medio.

Palabras clave: Robledales pubescentes, pinares de pino silvestre con abeto, seguimiento de parcelas forestales, sistema de Ellenberg, Pirineos, España.

1. Introducción

Como respuesta al debilitamiento progresivo de los bosques observado en Europa en 1985 se estableció el Programa de Cooperación Internacional para la Evaluación y el Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Bosques (ICP Forests).

En 1993 se creó la Red Europea para el Seguimiento Intensivo y Continuo de los Ecosistemas Forestales (Red de nivel II), que trata de profundizar en las relaciones entre el estado de salud del arbolado, los factores de la estación (suelo y clima), la contaminación atmosférica y las plagas y enfermedades. Dentro de esta red se seleccionaron un total de 888 parcelas de 50 x 50 m, tratando de englobar la totalidad de los ecosistemas forestales europeos, y en ellas se evalúa anualmente el estado sanitario del arbolado, se estima su crecimiento y se realizan análisis químicos del suelo, de las acículas y de las hojas.

A partir de 1998 se ha llevado a cabo en todas esas parcelas una evaluación de la vegetación, elemento importante en el funcionamiento de los ecosistemas, con un papel directo en los ciclos de agua y nutrientes, en el balance de radiación, que interactúa con otros componentes bióticos del ecosistema (mamíferos, insectos, etc.), controlando también la posibilidad de instalación de sembrados jóvenes y por lo tanto la regeneración de los ecosistemas forestales (THIMONIER & DUPOUEY, 1993; DUPOUEY *et al.*, 1998; ICP FORESTS, 1999; UN/ECE, 2000; RENAUD & DUPOUEY, 2002; DE VRIES *et al.*, 2003).

Además, en climas templados, la composición específica de la vegetación arbustiva y sobre todo herbácea suponen una de las principales fuentes de la biodiversidad florística del ecosistema forestal, y contribuyen al conocimiento de la biodiversidad de los bosques europeos (DUPOUEY *et al.*, 1998; RENAUD & DUPOUEY, 2002; DE VRIES *et al.*, 2003).

Por otra parte, la vegetación es una excelente indicadora de las condiciones del medio, dando información integrada sobre la fertilidad del suelo, acidez, contenido en nitrógeno y disponibilidad de agua, así como sobre las condiciones climáticas (WITTIG *et al.*, 1985; THIMONIER *et al.*, 1992 y 1994; THIMONIER & DUPOUEY, l. c.; AARRESTAD & AAMLID, 1999; VAN DOBBEN *et al.*, 1999; RENAUD & DUPOUEY, l. c.). Entonces, conociendo los requerimientos de las distintas especies vegetales podemos deducir cambios en los factores del medio a partir de cambios observados en la vegetación.

Además, ha de tenerse en cuenta que la vegetación herbácea presenta una mayor variedad de estrategias vegetativas y puede reaccionar más rápidamente que las especies leñosas frente a cambios ocasionales del medio como la luz, la temperatura o la pluviosidad, siendo por lo tanto un indicador más precoz (ØKLAND, 1995; KULL & THIMONIER, 1997; SALEMAA *et al.*, 1999 y 2001). Se ha señalado también como una herramienta muy útil en el estudio de cargas o niveles críticos de contaminantes (THIMONIER & DUPOUEY, l. c.).

Por todo ello cabe destacar la importancia del estudio a largo plazo de la evolución de la vegetación en las parcelas de la Red de nivel II, ya que el análisis conjunto de los datos recogidos en una misma parcela sobre el estado del suelo, la deposición atmosférica y la vegetación, constituye una oportunidad única para tratar de comprender las relaciones entre la composición específica de la vegetación y los factores ambientales.



Figura 1. Localización de las dos parcelas estudiadas.

Figure 1. Location of studied two plots.

En 1998 comenzamos el estudio de la vegetación en diversas parcelas de la Red de nivel II en el norte de España. En este trabajo presentamos un análisis ecológico de la flora vascular de las dos parcelas, situadas en el Pirineo aragonés (Figura 1), atendiendo a los espectros biológicos y corológicos y a los valores ecológicos de Ellenberg, todo ello con el objetivo de obtener, por una parte, datos concretos de su situación actual y, por otra, parámetros adecuados y fiables para su seguimiento a largo plazo.

2. Material y métodos

La primera de las parcelas, la 23Qf, se sitúa en el interior de un robledal de *Quercus cerrioides* Willk. & Costa, híbrido entre *Q. faginea* y *Q. pubescens*, de nomenclatura provisional en la bibliografía utilizada de referencia debido a la dificultad taxonómica de este grupo en el Prepirineo. Se encuentra en Los Pintanos (Zaragoza) –U.T.M. 30TXN5709-, a 970 m de altitud, en la parte alta de una ladera de pendiente moderada orientada al NE. Atendiendo a las unidades biogeográficas de Rivas-Martínez (RIVAS-MARTÍNEZ *et al.*, 1991) pertenece a la Región Mediterránea, provincia Aragonesa, sector Somontano-Aragonés. Siguiendo la Clasificación Bioclimática de la Tierra del mismo autor (RIVAS-MARTÍNEZ *et al.*, 1999), el bioclima es templado submediterráneo oceánico, el termotipo mesotemplado superior y el ombrotipo subhúmedo inferior (Temperatura media anual: 12 °C; Precipitación media anual: 615 mm). Los suelos son moderadamente ácidos a neutros en superficie (5,6-6,7) y moderadamente básicos a básicos en profundidad (7-7,6), de tipo cambisol húmico y proceden de calizas arenoso-limosas.

La parcela 24Ps forma parte de un bosque mixto de pino albar (*Pinus sylvestris* L.) y abeto (*Abies alba* Mill.) en Biescas (Huesca) –U.T.M. 30TYN2124-. Se encuentra a 1.370 m de altitud, en la parte inferior de una ladera de fuerte pendiente expuesta al NW, que hacia abajo termina en una zona llana, más húmeda, y en el margen derecho da lugar a una ladera de exposición W, más soleada, pedregosa y con vegetación menos densa. Pertenece a la Región Eurosiberiana, provincia Pirenaica, sector Pirenaico Central, subsector Jacetano-Guareense. El bioclima es templado oceánico, el termotipo entre mesotemplado superior y supratemplado inferior y el ombrotipo húmedo superior inferior (Temperatura media anual: 11,1°C, Precipitación media anual: 1231 mm). Los suelos son ácidos a moderadamente ácidos en los primeros 10 cm (5,1-5,8) y neutros a moderadamente básicos en profundidad (6,6-7,3), formados a partir de calizas espáticas y bituminosas.

Para tratar de observar la totalidad de los taxones presentes muestreamos las parcelas durante un año (marzo de 2000 a marzo de 2001), una vez al mes y cada

15 ó 20 días en marzo y abril, recorriéndolas mediante 10 transectos de 5 m de anchura, anotando los taxones observados y su estadio fenológico. En el caso de la parcela 24Ps, durante los meses de noviembre y enero la nieve cubría la vegetación impidiendo la realización de los muestreos.

Para la nomenclatura y autoría de los taxones vasculares empleamos, tal y como recomienda el Expert Panel on Ground Vegetation Assessment del ICP Forests, la Flora Europaea de Pankhurst (W3 FLORA EUROPAEA PANKHURST, <http://193.62.154.38/FE/fe.html>).

A partir del listado de la flora vascular acumulada en cada parcela analizamos su espectro biológico y corológico según AIZPURU *et al.* (1999) y calculamos el porcentaje de pteridófitos, que algunos autores emplean como indicador del grado de humedad de un territorio, con valores en torno al 1% en las zonas de clima mediterráneo, de un 5% en zonas que reciben la influencia oceánica y de hasta un 7,95% en los hayedos prepirenaicos aragoneses (VILLAR *et al.*, 1999).

Dado que nos interesa conocer el estado actual de la vegetación como base para su seguimiento a largo plazo consideramos interesante emplear en nuestro trabajo el Sistema de valores ecológicos de las plantas vasculares del Profesor Ellenberg (MAYOR, 1994). Este sistema asigna a las plantas un valor indicador en una escala de 9 puntos (12 en el caso de la humedad) según su comportamiento ecológico frente a tres factores climáticos como la luz (L), la temperatura (T) y la continentalidad (K), y tres factores edáficos: humedad (F), reacción del suelo (R) y disponibilidad de nitrógeno (N). Señala también aquellas especies que presentan un comportamiento muy amplio o diferente en regiones diversas, así como aquellas para las cuales su comportamiento frente a un determinado factor no está claro.

Además de servir para caracterizar hábitats y comunidades vegetales, este sistema se ha empleado para evaluar la evolución de la vegetación a lo largo del tiempo (FALKENGREN-GRERUP, 1986; GODEFROID, 2001), como indicador de la acumulación de nutrientes y del cambio climático (HOFFMAN, 1998) o para evaluar la acidificación o eutrofización en los bosques, posiblemente relacionada con la contaminación atmosférica (TYLER, 1987; THIMONIER *et al.*, 1992 y 1994; THIMONIER, 1994; DIEKMANN & DUPRÉ, 1997; DIEKMANN & FALKENGREN-GRERUP, 1998).

A pesar de estar basado en el comportamiento de las especies en Centroeuropa, diversos trabajos han confirmado su validez en diferentes regiones mediante investigaciones que muestran la correlación de los valores de Ellenberg con determinadas variables ambientales medidas: TER BRAAK & GREMMEN (1987), WAMELINK *et al.* (1998), ERTSEN *et al.* (1998) y SCHAFERS & SYKORA (2000), en Holanda; THOMPSON *et al.* (1993), en Inglaterra; THIMONIER (1994), en Francia, y DZWONKO (2001), en Polonia. También se

ha demostrado su validez en Asturias, territorio más cercano al nuestro (MAYOR, 1994, 1996 y 1999).

En el presente estudio obtenemos el valor indicador de la vegetación de las dos parcelas mediante el cálculo del promedio de los valores indicadores de las especies presentes (cálculo cualitativo) excluyendo aquellas indiferentes o de comportamiento desconocido para el factor correspondiente, teniendo en cuenta cada especie una sola vez aunque aparezca en diferentes estratos.

3. Resultados y discusión

3.1. Parcela 23Qf

La parcela 23Qf, con 66 taxones vasculares (véase Tabla 1), presenta un estrato arbóreo diverso compuesto principalmente por *Quercus cerrioides*, pero en el que también tienen importancia otras especies como *Acer monspessulanum*, *A. campestre* y *Sorbus torminalis*. Se han observado además algunos pies aislados de *S. domestica* y *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*, el cual domina en la solana del mismo monte.

La baja densidad de las copas del roble, junto al predominio de los caducifolios en el estrato arbóreo, permite la existencia de un estrato arbustivo denso e intrincado, rico en especies, en el que destacan por su abundancia y cobertura *Buxus sempervirens* y *Juniperus communis* subsp. *communis*, junto a los ejemplares jóvenes de taxones presentes en el estrato arbóreo como *Quercus cerrioides* y *Sorbus torminalis*, y arbustos de talla menor como *Erica vagans*. En el estrato herbáceo destacan por su cobertura las gramíneas *Brachypodium pinnatum* y *Helictotrichon cantabricum*. En el momento de su floración llaman la atención por su abundancia y colorido *Narcissus asturiensis*, *Primula veris* subsp. *columnae* y *Stellaria holostea*.

A pesar de que el material original del suelo es calizo, en algunas zonas se produce una acidificación superficial, que se refleja en el cortejo florístico de este bosque. Así, encontramos taxones preferentemente calcícolas al menos en el Pirineo aragonés (*Arctostaphylos uva-ursi*, *Bupleurum rigidum* subsp. *rigidum*, *Buxus sempervirens* –presente también en terrenos acidificados–, *Hepatica nobilis*, *Lonicera xylosteum*, *Melampyrum cristatum*, *Narcissus asturiensis*, *Platanthera chlorantha* y *Thalictrum tuberosum*), taxones de suelos desarrollados sobre materiales calcáreos más o menos acidificados o descarbonatados en superficie (*Genista teretifolia*), y taxones que indican lugares más o menos acidificados (*Ilex aquifolium*, *Lathyrus montanus*, *Luzula forsteri*, *Sorbus torminalis*, *Stachys officinalis*, *Potentilla montana* y *Veronica officinalis*).

Tabla 1. Taxones de las parcelas 23Qf (robleal) y 24Ps (pinar-abetal). Señalamos con un * los no utilizados en el análisis ecológico por carecer de valores de Ellenberg.
 Table 1. Taxa occurring in plots 23Qf (oak forest) and 24Ps (Pinus sylvestris-Abies alba forest). Taxa marked with * are not included in ecological analysis because of lack of Ellenberg values.

	23 Qf	24 Ps		23 Qf	24 Ps
N.º Taxones vasculares	66	115	* <i>Erica vagans</i>	x	
<i>Abies alba</i>		x	<i>Fagus sylvatica sylvatica</i>		x
<i>Acer campestre</i>	x	x	<i>Filipendula vulgaris</i>	x	
<i>Acer monspessulanum</i>	x		<i>Fragaria vesca</i>		x
<i>Acinus alpinus</i>		x	<i>Fraxinus excelsior excelsior</i>		x
<i>Achillea millefolium millefolium</i>		x	* <i>Galium pinetorum</i>		x
<i>Agrostis capillaris</i>		x	<i>Galium rotundifolium</i>		x
<i>Amelanchier ovalis</i>	x	x	* <i>Galium verum verum</i>	x	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	x		* <i>Genista hispanica hispanica</i>	x	
<i>Anthyllis vulneraria alpestris</i>		x	* <i>Genista teretifolia</i>	x	
<i>Aquilegia vulgaris vulgaris</i>	x		<i>Geranium robertianum</i>		x
<i>Arabis turrita</i>		x	<i>Goodyera repens</i>		x
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	x		<i>Hedera helix helix</i>	x	
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>		x	* <i>Helianthemum nummularium pyrenaicum</i>		x
<i>Asplenium trichomanes quadrivalens</i>		x	* <i>Helictotrichon cantabricum</i>	x	
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	x	x	<i>Helleborus foetidus</i>		x
<i>Bellis perennis</i>		x	<i>Hepatica nobilis</i>	x	x
<i>Berberis vulgaris seroi</i>		x	<i>Hieracium murorum</i>		x
<i>Betula pendula</i>		x	* <i>Hieracium pilosella trichosoma</i>		x
<i>Brachypodium pinnatum</i>	x		<i>Hippocrepis comosa</i>	x	
<i>Brachypodium sylvaticum sylvaticum</i>		x	<i>Holcus lanatus</i>		x
<i>Briza media media</i>	x	x	<i>Ilex aquifolium</i>	x	x
* <i>Bupleurum rigidum rigidum</i>	x		* <i>Iris graminea</i>	x	
<i>Buxus sempervirens</i>	x	x	<i>Juniperus communis communis</i>	x	x
<i>Campanula persicifolia subpyrenaica</i>		x	* <i>Knautia arvernensis</i>		x
<i>Campanula scheuchzeri</i>		x	<i>Laserpitium latifolium</i>		x
* <i>Carduus carlinifolius</i>		x	<i>Lathyrus montanus</i>	x	x
<i>Carex flacca flacca</i>	x	x	<i>Lathyrus pratensis</i>		x
<i>Carex humilis</i>	x	x	<i>Leontodon hispidus hispidus</i>		x
<i>Carlina acaulis simplex</i>		x	<i>Ligustrum vulgare</i>	x	
<i>Carlina vulgaris vulgaris</i>		x	<i>Lonicera etrusca</i>	x	
<i>Centaurea jacea</i>	x		<i>Lonicera xylosteum</i>	x	
<i>Cephalanthera longifolia</i>		x	<i>Lotus corniculatus</i>	x	
* <i>Cerastium fontanum vulgare</i>		x	* <i>Lotus delortii</i>		x
<i>Climopodium vulgare vulgare</i>		x	<i>Luzula campestris</i>		x
<i>Conopodium majus</i>		x	<i>Luzula forsteri</i>	x	
<i>Coronilla emerus emerus</i>	x	x	<i>Malus sylvestris</i>	x	x
<i>Crataegus monogyna brevispina</i>	x	x	* <i>Medicago cf. suffruticosa suffruticosa</i>		x
* <i>Crocus nudiflorus</i>	x		<i>Medicago lupulina</i>		x
<i>Cruciata glabra</i>	x	x	<i>Melampyrum cristatum</i>	x	
* <i>Cytisus sessilifolius</i>		x	<i>Melittis melissophyllum melissophyllum</i>	x	
<i>Dactylis glomerata</i>		x	<i>Moneses uniflora</i>		x
<i>Daphne laureola laureola</i>		x	<i>Monotropa hypopitys</i>		x
* <i>Daphne laureola philippi</i>		x	<i>Mycelis muralis</i>		x
<i>Deschampsia flexuosa</i>		x	* <i>Narcissus asturiensis</i>	x	
* <i>Dianthus monspessulanus monspessulanus</i>		x	* <i>Ononis fruticosa</i>		x
<i>Epipactis helleborine</i>		x	<i>Orthilia secunda secunda</i>		x
<i>Epipactis microphylla</i>		x	<i>Oxalis acetosella</i>		x

PIRINEOS 160

	23 Qf	24 Ps		23 Qf	24 Ps
<i>Picris hieracioides hieracioides</i>		x	<i>*Ruscus aculeatus</i>	x	
<i>Pimpinella saxifraga</i>	x	x	<i>Sanguisorba minor minor</i>		x
<i>Pinus sylvestris</i>		x	<i>Sanicula europaea</i>		x
<i>Plantago media</i>		x	<i>Saponaria ocymoides</i>		x
<i>Platanthera chlorantha</i>	x	x	<i>Saxifraga granulata granulata</i>		x
<i>Poa pratensis</i>	x	x	<i>Scabiosa columbaria columbaria</i>		x
<i>Polypodium vulgare</i>		x	<i>Silene nutans nutans</i>		x
<i>Polystichum aculeatum</i>		x	<i>Solidago virgaurea</i>		x
<i>Polystichum lonchitis</i>		x	<i>Sorbus aria aria</i>		x
<i>Potentilla micrantha</i>		x	<i>Sorbus aucuparia aucuparia</i>		x
<i>*Potentilla montana</i>	x		<i>Sorbus domestica</i>	x	
<i>Potentilla tabernaemontani</i>		x	<i>Sorbus torminalis</i>	x	
<i>Primula elatior elatior</i>		x	<i>Stactys officinalis</i>	x	
<i>Primula veris canescens</i>		x	<i>Stellaria holostea</i>	x	
<i>*Primula veris columnae</i>	x		<i>Stellaria media media</i>		x
<i>Primula vulgaris vulgaris</i>		x	<i>Tanacetum corymbosum corymbosum</i>	x	
<i>Prunella grandiflora pyrenaica</i>		x	<i>Teucrium chamaedrys</i>		x
<i>Prunella vulgaris</i>		x	<i>*Thalictrum tuberosum</i>	x	
<i>Prunus spinosa</i>	x		<i>*Thymelaea ruizii</i>	x	
<i>Pyrola chlorantha</i>		x	<i>Trifolium ochroleucon</i>		x
<i>Pyrola minor</i>		x	<i>Trifolium pratense</i>		x
<i>*Quercus cerricoidea</i>	x	x	<i>Vaccinium myrtillus</i>		x
<i>Quercus ilex rotundifolia</i>	x		<i>Valeriana montana</i>		x
<i>Ranunculus bulbosus bulbosus</i>		x	<i>Veronica chamaedrys chamaedrys</i>		x
<i>Ranunculus serpens nemorosus</i>		x	<i>Veronica officinalis</i>	x	x
<i>Rosa arvensis</i>	x		<i>Viburnum lantana</i>	x	
<i>Rosa canina</i>		x	<i>Vicia cf. tenuifolia</i>		x
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	x		<i>*Vicia pyrenaica</i>		x
<i>*Rosa pouzintii</i>	x		<i>Vicia sepium</i>	x	x
<i>Rubia peregrina</i>	x		<i>Viola alba dehnhardtii</i>	x	x
<i>*Rubus canescens</i>	x		<i>Viola riviniana</i>	x	x
<i>*Rubus ulmifolius</i>		x			

En su composición florística se refleja también la transición entre los robledales del País Vasco y Navarra -con taxones como *Thymelaea ruizii* (endémica del norte de la Península Ibérica y Pirineo occidental), *Erica vagans* y *Potentilla montana* (ambos atlánticos) y los robledales centro-orientales, con *Coronilla emerus* subsp. *emerus*.

Consideramos que pertenece a la asociación *Rosa arvensis-Quercetum humilis*, de los robledales pirenaico occidentales y navarro-alaveses, debido a la presencia de elementos occidentales o de cierta tendencia atlántica que acabamos de citar: *Erica vagans*, *Potentilla montana* y *Thymelaea ruizii*. Dada la abundancia de boj y la presencia de taxones como *Coronilla emerus* y *Tanacetum corymbosum* diferenciales de la subasociación *coronilletosum emeri* (LOIDI *et al.*, 1997) podemos decir que pertenece a esta subasociación, variante más oriental de la asociación. En efecto, aquí se encuentra en su límite oriental de distribución, próxima a los robledales de la asociación *Buxo sempervirentis-Quercetum pubescentis*, donde sue-

len faltar los repetidos elementos occidentales y se dan otras especies que faltan en *Roso arvensis-Quercetum humilis* y que no hemos observado en este bosque.

Estos robledales se sitúan además en la zona de transición entre la región eurosiberiana –reflejada en el tipo de bosque de esta ladera norte– y la región mediterránea –que ocupa la solana del mismo monte–, constituyendo uno de los bosques más característicos de la variante submediterránea del Macrobioclima templado.

Atendiendo al espectro biológico, podemos ver que el porcentaje más alto corresponde a los hemicriptófitos (41%, véase Tabla 2). Es también muy elevado el porcentaje de fanerófitos (36%), que junto a algunos caméfitos (14%) constituyen –como ya va dicho– un estrato arbustivo denso y florísticamente muy rico.

Comparamos nuestros resultados en la parcela 23Qf con los recopilados en BLANCO *et al.* (1998) para los robledales pubescentes del Montseny (Gerona-Barcelona) y de Navarra.

Tabla 2. Espectro biológico de la flora presente en la parcela 23Qf, así como en los robledales pubescentes del Montseny y de Navarra.

Table 2. Life forms in 23Qf plot's flora and in Downy oak forests of Montseny and Navarra.

	23Qf		Montseny	Navarra
	N.º	%	%	%
Fanerófito	24	36	32	25
Caméfito	9	14	10	14
Hemicriptófito	27	41	44	42
Geófito	5	8	3	14
Terófito	1	1		1
Lianas			10	4

Podemos ver cómo los porcentajes de los distintos biotipos muestran gran similitud entre sí, incluso coincidencia con los robledales navarros, muy próximos a la zona de estudio, en los que se observa un porcentaje algo menor de fanerófitos y mayor de geófitos. Debido a la antigua extracción de leñas y al carboneo en el robledal estudiado, el estrato arbóreo está en recuperación, deja pasar más luz de la normal; ello permite un mayor desarrollo de fanerófitos y provoca una disminución de geófitos, los cuales son más abundantes allí donde la luz es un factor limitante.

Respecto al espectro corológico, el porcentaje más elevado corresponde a los taxones eurosiberianos (42%, véase Tabla 3), aunque hemos de destacar también la gran importancia de los mediterráneos, que constituyen casi una tercera parte de la flora de la parcela (30%). La abundancia de este elemento corológico está relacionada con el tipo de bosque en que nos encontramos, un robledal de hoja

marcescente, indicador del ambiente submediterráneo y representante del límite entre el mundo eurosiberiano y el mediterráneo. Otra demostración de esta transición se deja ver en las distintas estrategias de los taxones. Así, en el estrato arbóreo y arbustivo dominan los taxones caducifolios (19, frente a 10 perennifolios), hecho que los relaciona con los bosques eurosiberianos, pero el estrato arbustivo está muy desarrollado, lo cual aproxima estos bosques a los mediterráneos. A pesar de que BLANCO *et al.* (1998) comentan que en los robledales marcescentes de roble pubescente los taxones mediterráneos son una minoría (12% en un robledal del Montseny), señalan después que en las latitudes más meridionales de la cordillera pirenaica el cortejo florístico se enriquece en taxones mediterráneos compartidos con los quejigales o encinares de los alrededores. LOIDI & HERRERA (1990) presentan para los robledales de *Quercus faginea* y *Q. pubescens* del País Vasco y Navarra una tabla sintética de taxones, combinación de 52 inventarios propios o de otros autores. A partir de este listado de taxones obtuvimos la proporción de los distintos elementos corológicos para compararlos con nuestros resultados en la parcela 23Qf (Tabla 3).

Tabla 3. Espectro corológico de la flora presente en la parcela 23Qf, y los robledales pubescentes del País Vasco y Navarra.

Table 3. Percentage of chorological elements in 23Qf plot's flora and Downy oak forests in Basque Country and Navarra.

	23Qf		País Vasco-Navarra	
	N.º	%	N.º	%
Atlánticas	3	4,5	3	3,5
Circumboreales	3	4,5	2	2,5
Cosmopolitas	1	1,5	2	2,5
Endémicas	6	9		
Eurosiberianas	28	42	44	51
Mediterráneas	20	30	26	30
Mediterráneo-atlánticas	2	3	4	5
Orófitas eurosiberianas			3	3,5
Orófitas mediterráneas			1	1
Plurirregionales	3	4,5	1	1

Se puede observar que al reunir inventarios de distintas localidades el número de taxones presentados en la tabla sintética es mayor que el encontrado en nuestra parcela. La mayor parte de los taxones nuevos que no aparecieron en ésta son eurosiberianos, lo que provoca un incremento del porcentaje de este elemento corológico; no obstante, se sigue manteniendo un 30% de taxones mediterráneos.

En cuanto a los pteridófitos, no hemos observado ninguno en el interior de esta parcela, lo que puede indicarnos que el grado de humedad es bajo (ombrotipo subhúmedo inferior).

3.2. Parcela 24Ps

Tal y como se publicó en el estudio detallado de la vegetación de esta parcela (MADOTZ *et al.*, 2003), el estrato arbóreo está dominado por *Pinus sylvestris* y *Abies alba*, acompañados de algunos ejemplares aislados de *Fagus sylvatica*, *Betula pendula* y *Quercus cerruoides*. En cuanto a los arbustos, destacan *Buxus sempervirens* y *Abies alba*, junto a la significativa ausencia de ejemplares jóvenes de *Pinus sylvestris*. En el estrato herbáceo observamos taxones de abetales o pinares musgosos: *Pyrola minor*, *P. chlorantha*, *Moneses uniflora*, *Orthilia secunda*, *Monotropa hypopittys*, *Galium rotundifolium* y *Goodyera repens*.

Se trata de un pinar-abetal de transición entre las asociaciones *Goodyera repens-Abietetum albae* y *Coronillo emeri-Abietetum albae*, que evoluciona hacia un abetal. Como ya hemos comentado, en el interior de esta parcela confluyen diversos ambientes que aportan taxones exclusivos de ellos (plantas de pastos o herbazales frescos en la parte llana, y de pastos pedregosos más o menos calcícolas, de quejigales y carrascales o de claros forestales en la ladera oeste, más soleada). Esta heterogeneidad da como resultado una riqueza florística muy elevada, con 115 taxones vasculares (véase Tabla 1) entre los que dominan los hemicriptófitos (60%) y los eurosiberianos (55%), aunque debido a su altitud y localización en el Pirineo encontramos también taxones orófitos y boreoalpinos (Tabla 4).

Tabla 4. Espectros biológico y corológico de la flora presente en la parcela 24Ps.

Table 4. Life forms and chorological elements in 24Ps plot's flora.

	24Ps			24Ps	
	N.º	%		N.º	%
Fanerófito	23	20	Atlánticas	4	3
Caméfito	12	10	Boreo-alpinas	1	1
Hemicriptófito	69	60	Circumboreales	11	10
Geófito	9	8	Cosmopolitas	5	4
Terófito	2	2	Endémicas	5	4
			Eurosiberianas	63	55
			Mediterráneas	10	9
			Mediterráneo-atlánticas	1	1
			Orófitas eurosiberianas	6	5
			Orófitas mediterráneas	3	3
			Plurirregionales	6	5

3.3. Comparación de los valores indicadores de la flora

En ambas parcelas hay taxones atlánticos, mediterráneos, endemismos pirenaicos o pirenaico-cantábricos que no están incluidos en la obra de Ellenberg, debido a que sus áreas de distribución no alcanzan Centroeuropa (van señalados con asterisco * en la Tabla 1). De todas formas, en la parcela 23Qf el porcentaje de taxones incluidos es del 75% y en la 24Ps del 88%, ambos muy superiores a los obtenidos por DE VRIES *et al.* (2002) en el análisis de 674 parcelas europeas de nivel II (59%).

En la Figura 2 representamos el porcentaje de taxones asignados a cada valor indicador, acompañado del promedio de la flora para cada factor y parcela.

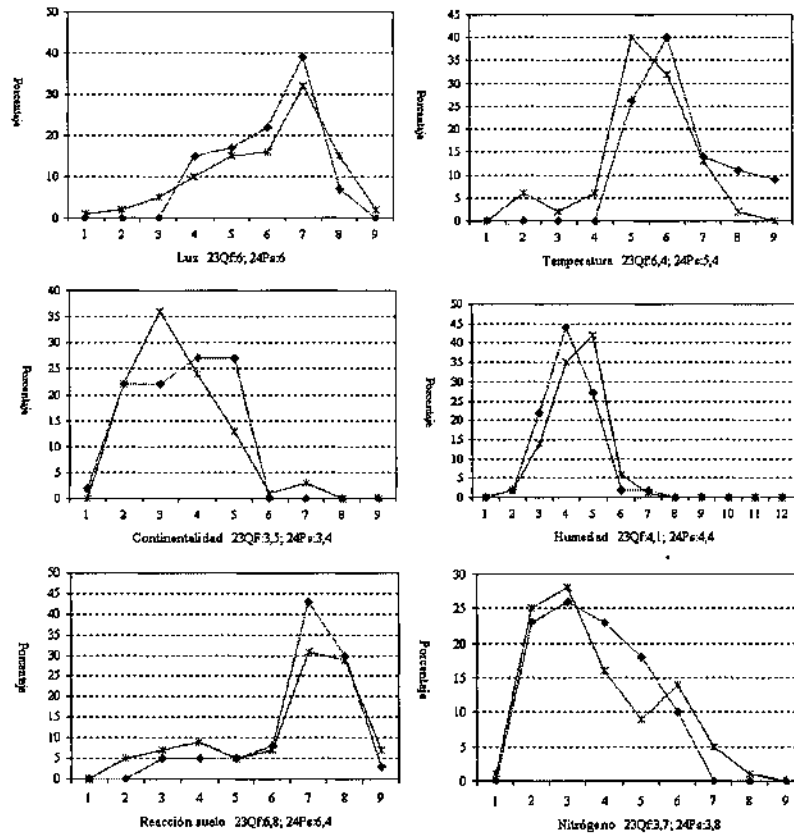


Figura 2. Porcentaje de taxones de cada valor indicador de un determinado factor y promedios en las dos parcelas —◆— 23 Qf.

Figure 2. Percentage of taxa assigned to each indicator value of each of the factors and averages in both plots —x— 24 Ps.

Respecto a la luz, podemos ver que en el caso de la parcela 24Ps encontramos taxones indicadores de todos los grados de luminosidad, debido a la heterogeneidad de ambientes observada en esta parcela, con plantas indicadoras de sombra (valores 1 a 3) que se desarrollan en la zona interior de bosque y plantas indicadoras de luz plena (valor 9) restringidas a la ladera oeste, más soleada. En la parcela 23Qf, en cambio, el rango de valores oscila de 4 a 8. En anteriores trabajos comprobamos que una menor luminosidad incrementa el porcentaje de geófitos (MADOTZ *et al.*, 2001 y 2002), de manera que en estas dos parcelas, que presentan el mismo valor promedio, 6 -plantas indicadoras de media sombra a luz media-, los geófitos constituyen un 8% de la flora vascular.

En cuanto a la temperatura, las curvas de ambas parcelas presentan un máximo entre los valores 5 y 8, pero sólo en la 24Ps encontramos taxones indicadores de frío o frescor (valores 2 a 4), mientras que sólo en la 23Qf observamos especies de calor extremo (valor 9), junto a un mayor porcentaje de calor a calor extremo (8). La flora de la parcela 23Qf, en cuanto a la temperatura, es indicadora casi de calor (promedio 6,4), mientras que las plantas de la 24Ps (5,4) indican calor moderado. Señalemos que el valor de Ellenberg para la temperatura está relacionado con el espectro corológico de la flora, de manera que en la parcela 24Ps, encontramos taxones boreo-alpinos y orófitos mediterráneos o eurosiberianos, ausentes en la 23Qf, en la cual destaca el elevado porcentaje de taxones mediterráneos.

Respecto a la continentalidad, en ninguna de las dos parcelas encontramos especies continentales o eucontinentales; aunque el porcentaje más elevado corresponde en la 23Qf a las subcontinentales (6) y en la 24Ps a las oceánicas a suboceánicas (3), el valor promedio de ambas es muy similar, señalando plantas casi suboceánicas, fiel reflejo del bioclima templado oceánico.

En cuanto a la humedad, podemos ver que en ninguna de las 2 parcelas hallamos especies indicadoras de sequedad extrema (1) ni de lugares húmedos a saturados en agua (8 a 12). Aunque el rango de valores encontrados en ambas parcelas va de 2 a 7, en la 23Qf el valor más abundante es 4 (indicadoras de sequedad a frescor), y en la 24Ps alcanza 5 (indicadoras de frescor). También el promedio es más bajo en la parcela 23Qf (4,1 frente a 4,4 en la 24Ps). Si empleamos el porcentaje de pteridófitos como indicador del grado de humedad de un territorio, podemos relacionarlo también con el promedio de la flora según Ellenberg para este factor; así, en la parcela 24Ps este grupo florístico representa un 4,3% de la flora, mientras que se encuentra ausente en la parcela 23Qf.

Por lo que se refiere al factor reacción del suelo, en ambas parcelas el porcentaje más elevado corresponde a las especies con valores 7 y 8, (indicadoras de débil acidez a débil alcalinidad), reflejando los dos casos el pH del suelo. En ambas parcelas la roca madre es de naturaleza básica, pero hay una acidificación superficial del suelo en determinados lugares donde crecen especies indicado-

ras de suelos ácidos. En la parcela 24Ps, debido a la hojarasca del abeto y a las elevadas precipitaciones, la acidificación es aun mayor, lo que se refleja en un valor promedio más bajo -6,4- frente a 6,8 en la 23Qf.

En cuanto al contenido o disponibilidad de nitrógeno, el valor promedio de la flora para este factor es muy similar en ambas parcelas (3,7 en la 23Qf y 3,8 en la 24Ps), indicándonos terreno pobre a moderadamente rico en nitrógeno. Cabe matizar cómo en la parcela 23Qf el rango va de 2 a 6, mientras que en la 24Ps encontramos especies correspondientes a todos los valores posibles excepto los de hábitats excesivamente ricos en nitrógeno (9).

Tras estas comparaciones conviene destacar el caso de la parcela 24Ps, en la que el rango de valores es bastante amplio para todos los factores analizados, debido a la existencia de microambientes diferentes: el interior del bosque, la parte baja más llana y la ladera oeste menos húmeda y soleada. Cada uno de ellos alberga taxones exclusivos, que pueden ser buenos indicadores de esas condiciones concretas. Es por ello que, entre los taxones de esta parcela, separamos por un lado 68 que se han observado principalmente en el interior del bosque, por otro lado, 19 taxones exclusivos de la ladera soleada, y por último 17 taxones más propios de la zona llana de la parcela y empleamos el mismo sistema de indicadores para comparar estas tres zonas, calculando el valor promedio de su flora. En la Tabla 5 podemos comprobar que para la mayor parte de los factores, el conjunto de la flora de la parcela tiene un valor situado entre el obtenido para los taxones del interior del bosque y los de la ladera oeste, aunque más cercano al primero, que presenta una extensión considerablemente mayor.

Tabla 5. Valor indicador promedio de la flora de las distintas zonas de la parcela 24Ps.
Table 5. Average indicator value for the flora of different areas inside 24Ps plot.

	Luz	Tempe- ratura	Continen- talidad	Humedad	Acidez	Nitrógeno
Interior bosque	5,5	5,4	3,4	4,6	5,8	3,8
Ladera soleada	7,1	5,1	3,7	3,6	7,6	2,9
Zona llana	6,8	5,4	3,5	4,5	7,4	4,3
Total parcela	6	5,4	3,4	4,4	6,4	3,8

Aunque para los factores temperatura y continentalidad no hay grandes variaciones entre las distintas zonas, destacan las observadas para la luz, humedad, nitrógeno y acidez.

En cuanto a la luz, hemos de recordar que en la ladera oeste no existe un estrato arbóreo bien desarrollado que produzca sombra, por lo que todos los taxones exclusivos tienen valores indicadores por lo menos de 5 y el promedio, de 7,1 (plantas de luz media), es bastante más alto que el del interior del bosque

(5,5, plantas de media sombra hacia plantas de luz media). Debido también a la mayor insolación, el grado de humedad que indican los taxones de esta ladera (3,6) es menor que en el resto de las zonas (de 4,4 a 4,6). Asimismo, calculado el porcentaje de pteridófitos para las distintas zonas de la parcela, obtenemos un 7% para el interior del bosque frente a un 0% en la ladera oeste.

En cuanto a la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, el promedio más alto lo alcanza la flora de la zona llana (4,3). Hay que tener en cuenta que tanto en el interior del bosque como en la ladera oeste la pendiente es muy pronunciada, lo que dificulta la acumulación de hojarasca que pueda incrementar la cantidad de nitrógeno en el suelo.

Respecto a la acidez, en la ladera oeste el suelo es muy pedregoso, con las calizas más en superficie, lo que unido a la ausencia de hojarasca explica que la flora indique un mayor grado de alcalinidad (7,6). En el interior del bosque y en la zona llana sí hay un estrato arbóreo bien desarrollado, que deja caer una importante cantidad de hojas y puede tener un efecto acidificante en el suelo; ahora bien, en la zona llana el valor señala menor acidez, debido a la acumulación de bases lavadas por la intensa lluvia en la fuerte pendiente situada justo por encima, que constituye el interior del bosque.

4. Conclusiones

Los valores promedio de la flora obtenidos con el sistema de valores de Ellenberg están relacionados con otras características de la vegetación de estas parcelas como el espectro biológico y corológico, el porcentaje de pteridófitos y el pH del suelo, y han resultado útiles para caracterizar su estado actual, e incluso para diferenciar ambientes en el interior de la parcela 24Ps (pino-abeto), por lo que podrían emplearse en un futuro como indicadores de cambios en las condiciones del medio.

Referencias

- AARRESTAD, P. A. & AAMLID, D. (1999). Vegetation Monitoring in South-Varenger, Norway. Species composition of ground vegetation and its relation to environmental variables and pollution impact. *Environmental Monitoring and Assessment*, 58: 1-21.
- AIZPURU, I.; ASEGINOLAZA, C.; URIBE-ECHEBARRÍA, P. M.; URRUTIA, P. & ZORRAKIN, I. (1999). *Claves ilustradas de la Flora del País Vasco y Territorios Límtrofes*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 831 pp. Vitoria-Gasteiz.

- BLANCO, E.; CASADO, M. A.; COSTA, M.; ESCRIBANO, R.; GARCÍA, M.; GÉNOVA, M.; GÓMEZ, A.; GÓMEZ, F.; MORENO, J. C.; MORLA, C.; REGATO, P. & SAINZ, H. (1998). *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. 597 pp. Ed. Planeta. Barcelona.
- DE VRIES, W.; REINDS, G. J.; VAN DOBBEN, H.; DE ZWART, D.; AAMLID, D.; NEVILLE, P.; POSCH, M.; AUÉE, J.; VOOGD, J. H. C. & VEL, E. (2002). *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report 2002*. 175 pp. Bruselas, Ginebra.
- DE VRIES, W.; REINDS, G. J.; POSCH, M.; SANZ, M. J.; KRAUSE, G. H. M.; CALATAYUD, V.; RENAUD, J. P.; DUPOUEY, J. L.; STERBA, H.; VEL, E.M.; DOBBERTIN, M.; GUNDERSEN, P. & VOOGD, J. H. C. (2003). *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report 2003*. 163 pp. Bruselas, Ginebra.
- DIEKMANN, M. & DUPRÉ, C. (1997). Acidification and eutrophication of deciduous forests in northwestern Germany demonstrated by indicator species analysis. *Journal of Vegetation Science*, 8: 855-864.
- DIEKMANN, M. & FALKENGREN-GRERUP, U. (1998). A new species index for forest vascular plants: development of functional indices based on mineralization rates of various forms of soil nitrogen. *Journal of Ecology*, 86: 269-283.
- DUPOUEY, J. L.; BOURJOT, L.; CAMARET, S.; DOBREMEZ, J. F.; FORGEARD, F.; PICARD, J. F. & TOUFFET, J. (1998). *Study of sampling frequency and comparison of cover estimation methods for ground vegetation assessment in the French RENECOFOR network*. Oxalis Project (EU Project N° 96.60.FR.005.0) Final Report. 65 pp.
- DZWONKO, Z. (2001). Assessment of light and soil condition in ancient and recent woodlands by Ellenberg indicator values. *Journal of Applied Ecology*, 38: 942-951.
- ERTSEN, A. C. D.; ALKEMADE, J. R. M. & WASSEN, M. J. (1998). Calibrating Ellenberg indicator values for moisture, acidity, nutrient availability and salinity in the Netherlands. *Plant Ecology*, 135: 113-124.
- FALKENGREN-GRERUP, U. (1986). Soil acidification and vegetation changes in deciduous forest in southern Sweden. *Oecologia*, 70: 339-347.
- GODEFROID, S. (2001). Temporal analysis of the Brussels flora as indicator for changing environmental quality. *Landscape and Urban Planning*, 52: 203-224.
- HOFFMANN, J. (1998). Assessing the effects of environmental changes in a landscape by means of ecological characteristics of plant species. *Landscape and Urban Planning*, 41: 239-248.
- ICP FORESTS (1999). *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part VIII. Assessment of Ground Vegetation*.

- KULL, P. & THIMONIER, A. (1997). Vegetation - an indicator of the state of the environment. En: *Long-Term Forest Ecosystem Research (LTFER)*, ficha 4. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf, 9 fichas.
- LOIDI, J. & HERRERA, M. (1990). The *Quercus pubescens* and *Quercus faginea* forests in the Basque Country (Spain): distribution and typology in relation to climatic factors. *Vegetatio*, 90: 81-92.
- LOIDI, J.; BIURRUN, I. & HERRERA, M. (1997). La vegetación del centro-septentrional de España. *Itinera Geobotanica*, 9: 161-618.
- MADOTZ, N.; CAVERO, R. Y. & EDERRA, A. (2001). Características vegetacionales del hayedo de Auritz (Navarra, España), integrado en la Red Europea de nivel II de Seguimiento de Daños en Bosques. *Valoración y gestión de Espacios Naturales. Libro de actas de las XVII Jornadas de Fitosociología*: 215-227. Jaén.
- MADOTZ, N.; CAVERO, R. Y. & EDERRA, A. (2002). Estudio de la vegetación del hayedo donde se sitúa la parcela 15Fs de la Red Europea de Seguimiento Intensivo y Continuo de los Ecosistemas Forestales (Auritz-Navarra). *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra. Serie Botánica*, 14: 155-215.
- MADOTZ, N.; CAVERO, R. Y. & EDERRA, A. (2003). Estudio florístico de un pinar-abetal de la Red Europea de Seguimiento de los Ecosistemas Forestales. *Acta Botanica Barcinonensia*, 49: 267-280.
- MAYOR, M. (1994). *Los valores ecológicos de las plantas vasculares (sin Rubus) de Heinz Ellenberg*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. 191 pp. Oviedo.
- MAYOR, M. (1996). *Indicadores ecológicos y grupos socioecológicos en el Principado de Asturias (Sierra del Aramo)*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. 133 pp. Oviedo.
- MAYOR, M. (1999). *Ecología de la flora y vegetación del Principado de Asturias*. R. I. D. E. A. 276 pp. Oviedo.
- ØKLAND, R. H. (1995). Boreal coniferous forest vegetation in the Solhomfjell area, S Norway: structure, dynamics and change, with particular reference to effects of long distance air borne pollution. *Sommerfeltia Supplement* 6: 1-33.
- RENAUD, J. P. & DUPOUEY, J. L. (2002) *Data analysis of the first European vegetation survey in Level II plots. Ground vegetation species composition*. UN-ICP Forests/EU.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; BÁSCONES, J. C.; DÍAZ, T. E.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F. & LOIDI, J. (1991). Vegetación del Pirineo occidental y Navarra. *Itinera Geobotanica*, 5: 5-456.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; SÁNCHEZ-MATA, D. & COSTA, M. (1999). North american boreal and western temperate forest vegetation. Syntaxonomical

- synopsis of the potential natural plant communities of North America, II. *Itinera Geobotanica*, 12: 5-316.
- SALEMMA, M.; MONNI, S.; ROYO, F. & UHLIG, C. (1999). *Sampling strategy for the assessment of temporal changes in ground vegetation in boreal forests*. En: Forest Condition Monitoring in Finland. National Report 1998: 117-127.
- SALEMMA, M.; VANHA-MAJAMAA, I. & DEROME, J. (2001). Understorey vegetation along a heavy-metal pollution gradient in SW Finland. *Environmental Pollution*, 112: 339-350.
- SCHAFFERS, A. P. & SYKORA, K. V. (2000). Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science*, 11: 225-244.
- TER BRAAK, C. J. F. & GREMMEN, N. J. M. (1987). Ecological amplitudes of plant species and internal consistency of Ellenberg's indicator values for moisture. *Vegetatio*, 69: 79-87.
- THIMONIER, A. & DUPOUEY, J. L. (1993) Charges critiques pour la végétation. Critical loads for vegetation. Definition, use and limits. *Pollution atmosphérique* (Número especial junio 1993): 29-34.
- THIMONIER, A. (1994). *Changements de la végétation et des sols en forêt tempérée européenne au cours de la période 1970-1990. Role possible des apports atmosphériques*. Tesis Doctoral, Université de Paris XI.
- THIMONIER, A.; DUPOUEY, J. L. & TIMBAL, J. (1992). Floristic changes in the herb-layer vegetation of a deciduous forest in the Lorraine Plain under the influence of atmospheric deposition. *Forest Ecology and Management*, 55: 149-167.
- THIMONIER, A.; DUPOUEY, J. L.; BOST, F. & BECKER, M. (1994). Simultaneous eutrophication and acidification of a forest ecosystem in North-East France. *New Phytologist*, 126: 533-539.
- THOMPSON, K.; HODGSON, J. G.; GRIME, J. P.; RORISON, I. H.; BAND, S. R. & SPENCER, R. E. (1993). Ellenberg numbers revisited. *Phytocoenologia*, 23: 277-289.
- TYLER, G. (1987). Probable effects of Soil Acidification and Nitrogen Deposition on the Floristic Composition of Oak (*Quercus robur* L.) forest. *Flora*, 179: 165-170.
- UN/ECE (2000). *Internal review of ICP Forests*. 133 pp.
- VAN DOBBEN, H. F.; TER BRAAK, C. J. F. & DIRKSE, G. M. (1999). Undergrowth as a biomonitor for deposition of nitrogen and acidity in pine forest. *Forest Ecology and Management*, 114: 83-95.
- VILLAR, L.; ASEGINOLAZA, C.; GÓMEZ, D.; MONTSERRAT, G.; ROMO, A. & URIBE-ECHEBARRÍA, P. (1999). *Los hayedos prepirenaicos aragoneses y su conservación*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie investigación, 13. 140 pp. Zaragoza.

- W³ FLORA EUROPAEA PANKHURST. <http://193.62.154.38/FE/fe.html>
- WAMELINK, G. W. W.; VAN DOBBEN, H. F. & VAN DER EERDENN, L. J. M. (1998). Experimental calibration of Ellenberg's indicator value for nitrogen. *Environmental Pollution*, 102, S1: 371-375.
- WITTIG, R.; BALLACH, H. J. & BRANDT, J. C. (1985). Increase of number of acid indicators in the herb layer of the millet grass-beech forest of the Westphalian Bight. *Angew. Bot.*, 59: 219-232. Citado en THIMONIER, A. (1994). *Changements de la végétation et des sols en forêt tempérée européenne au cours de la période 1970-1990. Rôle possible des apports atmosphériques*. Tesis Doctoral, Université Paris XI.