

FLORA Y VEGETACIÓN DE ASENTAMIENTOS HISTÓRICOS EN EL CAMPO DE MONTIEL (CIUDAD REAL)

Juan Manuel Martínez Labarga¹ y Ana Cristina Esquinas Rodrigo²

¹*Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid*

²*Doctoranda de la Escuela Internacional de Doctorado, UNED*

¹*juanmanuel.martinez@upm.es*, ²*ac.esquinasrodrigo@libero.it*

RESUMEN:

En el presente estudio se presentan los principales resultados obtenidos en las prospecciones botánicas que se han realizado en la comarca del Campo de Montiel, con el objetivo de muestrear asentamientos con influencia histórica. En total se han seleccionado veinticinco enclaves en los que se han estudiado la flora y las comunidades vegetales presentes. Se establece la correlación entre especies de flora, tipos de vegetación y la presencia humana sobre el territorio.

Palabras clave: contextos históricos, matorral halonitrófilo, Campo de Montiel, Ciudad Real

ABSTRACT (Flora and vegetation of historical settlements in the field of Montiel (Ciudad Real):

The present study presents the main results obtained in the botanical prospecting that have been carried out in the Campo de Montiel region, with the aim of sampling settlements with historical influence. In total twenty-five sites have been selected in which the flora and plant communities present have been studied. Correlation between flora species, types of vegetation and human presence on the territory is established.

Keywords: historical contexts, halonitrófilo scrubland, Campo de Montiel, Ciudad Real

1. ANTECEDENTES, DECLARACIÓN DE INTENCIONES

La influencia humana sobre el medio natural es una evidencia que en los últimos milenios ha dejado una profunda huella transformadora en el territorio. El Campo de Montiel es una comarca que se puede considerar como un laboratorio idóneo para abordar estudios entre la influencia humana histórica y el medio natural, debido a que en las últimas décadas no ha experimentado grandes transformaciones y mantiene una estructura rural en la que se han conservado usos antiguos de gestión del territorio. Por otro lado, ha sido una comarca en la que el peso de la historia ha sido muy importante y se han sucedido diferentes eventos históricos trascendentales para el sur de la meseta.

En 2016 y 2017 tuvimos la oportunidad de realizar varios recorridos en la comarca que nos han permitido recopilar la información botánica necesaria para abordar el presente trabajo. En total se han visitado más de un centenar de puntos en los que se han tomado datos botánicos de flora y vegetación, de estos, veinticinco se han realizado sobre enclaves en los que estaba constatado su acervo histórico.

Los enclaves en los que se ha estudiado la vegetación abarcan varios municipios y varios periodos históricos. Destacan entre ellos, el yacimiento de la Edad del Bronce –Castillejo del Bonete–, los yacimientos de época romana de La Ontavía y El Calvario, en Terrinches y el municipio de Alhambra. Para el periodo medieval se ha tenido en cuenta, el castillo de Peñarroya, en Argamasilla; los cerros de San Polo y de la Estrella en el municipio de Montiel, el castillo de Montizón, la torre de la Higuera y el castillo de Eznavejor en Villamanrique, –estos últimos cerca del límite con Torre de Juan Abad–. Por último, se ha estudiado la Cañada Real de los Serranos, que atraviesa el ángulo suroccidental de la provincia entre Villanueva de la Fuente y Villamanrique. No se han considerado los eventos históricos más recientes, aunque sí se han prospectado las inmediaciones de algunos cascos urbanos en los que la influencia humana histórica también es evidente.

En el presente estudio se presentan los principales resultados obtenidos en las prospecciones botánicas que se han realizado en la comarca, con el objetivo de obtener relaciones entre flora, vegetación y asentamientos con influencia histórica.

2. METODOLOGÍA

En total se han muestreado veinticinco enclaves históricos en los que se ha estudiado la flora y las comunidades vegetales presentes.

En primer lugar, se ha consultado la bibliografía histórica geográfica de la comarca, para la preselección de los enclaves a prospectar (Corchado, 1971; Benítez de Lugo, 2001, 2015; Benítez de Lugo et al, 2007, 2011, 2013; Molero & Gallego, 2013; Gallego, 2016). Una vez revisados los trabajos publicados y tras las prospecciones sobre el terreno, se han seleccionado los yacimientos de interés histórico en los que se han tomado datos de flora y vegetación. En la Tabla 1 y en el Mapa 1 se enumeran y localizan los lugares históricos estudiados.

Tabla 1. Asentamientos históricos prospectados.

ORDEN	Término Municipal	Toponimia	Coordenadas/altitud	Cronología histórica
1	Albaladejo	Ermita de S. Isidro	X = 516540, Y = 4275275 950 m	Incierto, Edad Media y Moderna
2	Albaladejo	Puente Olmilla	X = 518060, Y = 4273425 845 m	Período romano y Altomedieval
3	Alcubillas	Cerro del castillo	X = 489900, Y = 4289000 880 m	Edad del Bronce?, Edad del Hierro, período islámico y bajomedieval
4	Alhambra	El Calvario - Cerro del pueblo	X = 495050, Y = 4305700 850 m	Desde s. I a. C. hasta la actualidad
5	Alhambra	Carretera de La Calera, pk 1	X = 494975, Y = 4306400 790 m	Incierto. Edad del Hierro, período romano y altomedieval
6	Almedina	Fuente de Carlos V	X = 503750, Y = 4274950 880 m	Incierto. Reforma fuente s. XVI-actualidad
7	Argamasilla de Alba ¹	Castillo de Peñarroya	X = 499400, Y = 4323600 740 m	Incierto, período islámico, Castillo s. XII, ermita s. XVII
8	Carrizosa - Villahermosa	Entorno del santuario de la Virgen de la Carrasca, hacia El Colmenar	X = 502900, Y = 4299325 850 m	Santuario s.XVII (1612) ¿eremitorios en las inmediaciones?
9	Montiel	Cañada de los Serranos, entre Terrinches y Sta. Cruz de los Cañamos	X = 513225, Y = 4275625 1005 m	Incierto, construcción de la vía en época romana. Uso como cañada hasta la actualidad.
10	Montiel	Cañada de los Serranos, entre Pba. del Príncipe y Terrinches	X = 509300, Y = 4269600 855 m	Edad Media hasta la actualidad (cañada)
11	Montiel	Castillo de la Estrella	X = 512050, Y = 4283425 950 m	Frecuentación en la Prehistoria. Construcción del castillo s. XIII - s.XVI
12	Montiel	Cerro de San Polo	X = 510500, Y = 4282800 945 m	Edad del Bronce y período medieval

¹ El castillo de Peñarroya situado en el municipio de Argamasilla de Alba se ubica en el campo de San Juan, pero muy cerca del límite septentrional del campo de Montiel y debido al alto valor histórico se ha incluido en este estudio.

ORDEN	Término Municipal	Toponimia	Coordenadas/altitud	Cronología histórica
13	Puebla del Príncipe	Ermita de la Mairena	X = 506325, Y = 4266575 935 m	Edad del Hierro?, período romano, medieval. Construcción ermita - s- XIII
14	Terrinches	Cabeza de la Fuente - Los Rubiales	X = 510500, Y = 4271600 1000 m	Incierto. Edad del Bronce Uso agropecuario hasta la actualidad
15	Terrinches	Castillejo de Bonete	X = 511950, Y = 4272325 985 m	Neolítico? Calcolítico-Edad Bronce
16	Terrinches	Entorno del castillo de Terrinches	X = 513625, Y = 4273600 960 m	s. XIII-XVI, usos esporádicos en el s. XIX
17	Terrinches	Ermita de Luciana - El Calvario	X = 514050, Y = 4272800 885 m	Paleolítico, período romano, medieval y moderno. Uso religioso y pecuario hasta la actualidad
18	Terrinches	La Ontavia	X = 510575, Y = 4269150 850 m	Período romano-hasta Alta Edad Media
19	Villamanrique	Castillo de Eznavojor	X = 497500, Y = 4268550 850 m	Edad del Bronce, período islámico (s. IX, Torres de Xoray), s. XIII-XV
20	Villamanrique	Castillo de Montizón	X = 493975, Y = 4263850 785 m	s. XIII-XVII. Frecuentado, con uso pecuario en la actualidad
21	Villamanrique	Torreón de la Higuera	X = 493225, Y = 4268075 830 m	s. XIII (construcción)-s. XVI (abandono). Posible uso en período islámico
22	Villanueva de la Fuente	Entorno del casco urbano	X = 526925, Y = 4282475 980 m	<i>Continuum</i> desde la Edad del Bronce
23	Villanueva de la Fuente	Calar cercano a la Ermita de los Desamparados	X = 525825, Y = 4280575 930 m	Edad del Bronce?. Ermita s. XV- Actualidad
24	Villanueva de la Fuente	Cerro Ortega	X = 521275, Y = 4277000 850 m	Calcolítico-Edad del Bronce
25	Villanueva de los Infantes	Jamila	X = 498975, Y = 4282675 830 m	s. II a. C.-s. XIV d. C.

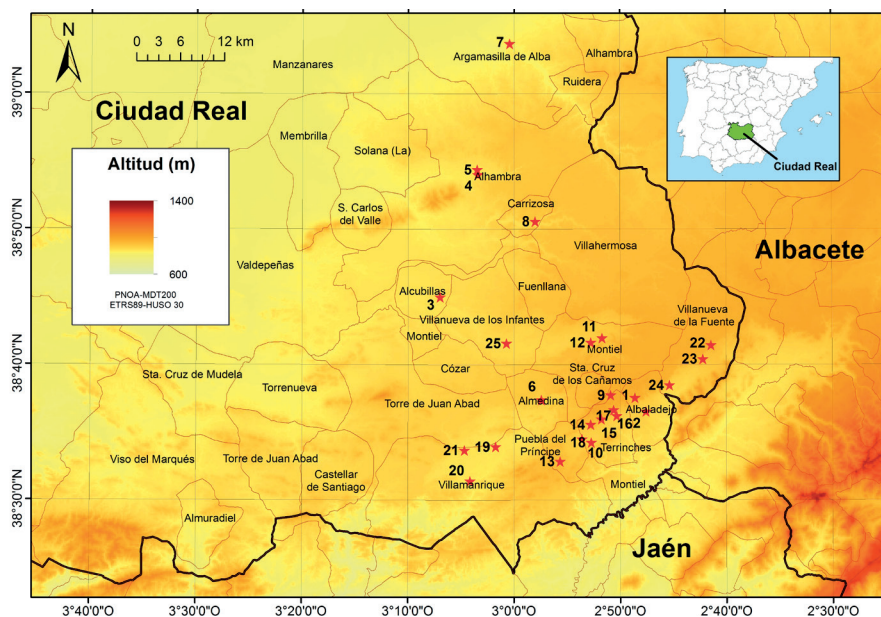
Elaboración propia, varias fuentes, Iberpix (2017), datum ETRS89 (coordenadas aproximadas de los asentamientos)

Para los estudios de la flora provincial se cuenta en Ciudad Real con un trabajo sintético muy interesante (Martín & Carrasco, 2005). Para la comarca del campo de Montiel destacan los trabajos de Esteso (1992), Esteso et al. (1988), Velayos (1983), -que estudió las lagunas de Ruidera-; y sobre todo, las herborizaciones de González Albo en los años 30 del pasado siglo (RJB Colecciones, 2017). Para contrastar la información corológica y taxonómica de las especies vegetales visualizadas, se ha seguido la información disponible en las obras de referencia (Castroviejo et al., 1986-2015; Anthos, 2017).

En cuanto a la vegetación se utilizan los criterios que se han seguido en los trabajos metodológicos de referencia (Ruiz de la Torre, 1990; Rivas Martínez, 1997; Rivas Martínez et al., 2011a, 2011b).

En los lugares seleccionados se han realizado inventarios botánicos y de vegetación que posteriormente se han informatizado y nos han permitido establecer las principales especies y las comunidades vegetales presentes. Se ha seguido para la realización de estos inventarios la metodología empleada en Martínez Labarga (2014). Se ha realizado además una serie de recorridos o transectos en otras localidades en las que se han visualizado sobre el terreno otros enclaves en los que no era evidente la influencia histórica. Estos puntos han servido como comparación para poder definir el paisaje vegetal general de la comarca y así poder establecer diferencias entre los lugares históricos y los que no lo son.

Mapa 1. Ubicación de los asentamientos históricos prospectados



Elaboración propia

3. RESULTADOS

Como es de esperar, parte de las comunidades vegetales responden a patrones biogeográficos clásicos como el clima y la composición química del suelo, y en las que la influencia humana se ha traducido en nitrógeno depositado en el sustrato. A nivel comarcal, el uso actual del territorio es principalmente agrario, esto incide en la composición actual de las comunidades vegetales. Por eso las especies ruderales, arvenses y nitrófilas están muy presentes en el Campo de Montiel, máxime cuando el porcentaje de superficie de suelo roturado es mayoritario. Como es lógico, la mayoría de los lugares estudiados no están labrados en la actualidad, pero sí deforestados y en ellos se encuentran formaciones vegetales herbáceas o con fisionomía de tipo camefítico. En estos enclaves analizados se ha podido observar un amplio abanico de especies y comunidades vegetales, principalmente nitrófilas y con marcada influencia por el pastoreo, que ha sido decisivo en este territorio en los últimos setecientos años, hecho que se demuestra por la amplia red de vías pecuarias presentes.

Los principales resultados de la investigación se han resumido en la Tabla 2, en la que se muestran las especies seleccionadas como indicadoras de hábitat y las localidades en las que se han localizado.

Tabla 2. Comunidades vegetales detectadas y principales especies.

LOCALIDAD - ORDEN	Vegetación	Principales especies
Albaladejo - 1	Tomillar, Pastizal	<i>Satureja intricata</i> , <i>Teucrium gnaphalodes</i> <i>Poa bulbosa</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i>
Albaladejo - Puente Olmilla - 2	Herbazal arvense- nitrófilo	<i>Amaranthus spp</i> , <i>Achusa azurea</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Chondrilla juncea</i>
Alcubillas - Cerro del Castillo - 3	Matorral halonitrófilo Herbazal nitrófilo Pastizal	<i>Salsola vermiculata</i> , <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Ruta montana</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Dactylis hispanica</i> , <i>Thymus spp</i>
Alhambra - cerro del pueblo - El Calvario -4	Matorral halonitrófilo, Herbazal nitrófilo	<i>Salsola vermiculata</i> , <i>Glycyrrhiza glabra</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Peganum harmala</i> , <i>Amaranthus spp.</i>
Alhambra - carretera de la Calera - 5	Matorral halonitrófilo Pastizal	<i>Salsola vermiculata</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Thymus</i> <i>zygis</i> , <i>Atractylis cancellata</i>
Almedina - Fuente Carlos V - 6	Herbazal nitrófilo Olmeda	<i>Conium maculatum</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Rubia</i> <i>tinctorum</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Amaranthus spp</i>
Argamasilla de Alba - Castillo de Peñarroya - 7	Matorral halonitrófilo Herbazal nitrófilo Pastizal	<i>Salsola vermiculata</i> , <i>Peganum harmala</i> , <i>Ficus</i> <i>carica</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Hyoscyamus niger</i> , <i>Poa</i> <i>bulbosa</i>

LOCALIDAD - ORDEN	Vegetación	Principales especies
Carrizosa - Villahermosa El Colmenar Virgen de la Carrasca - 8	Tomillar Herbazal nitrófilo	<i>Thymus vulgaris</i> , <i>Teucrium gnaphalodes</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Plumbago europaea</i>
Montiel - cañada Serranos, Terrinches-Sta. Cruz -9	Tomillar Pastizal	<i>Satureja intricata</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Teucrium gnaphalodes</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i>
Montiel - cañada Serranos, Puebla - Terrinches - 10	Pastizal Cardal	<i>Poa bulbosa</i> , <i>Echium boissieri</i> , <i>Cynara humilis</i> , <i>Carlina racemosa</i> , <i>Beta maritima</i> , <i>Salsola vermiculata</i>
Montiel - Castillo de La Estrella -11	Matorral halonitrófilo Herbazal nitrófilo	<i>Salsola vermiculata</i> , <i>Atriplex rosea</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Conium maculatum</i> , <i>Onopordum nervosum</i> , <i>Thymus zygis subsp sylvestris</i> ,
Montiel - Cerro de San Polo - 12	Tomillar, Matorral halonitrófilo Pastizal-cardal	<i>Thymus zygis subsp sylvestris</i> , <i>Salsola vermiculata</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Onopordum nervosum</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Helianthemum angustatum</i>
Puebla del Príncipe - ermita Mairena - 13	Herbazal nitrófilo Olmeda, carrizal, cardal	<i>Sambucus ebulus</i> , <i>Amaranthus spp</i> , <i>Achusa azurea</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Onopordum acanthium</i>
Terrinches - Cabeza de la Fuente - Los Rubiales - 14	Tomillar Pastizal	<i>Thymus spp</i> , <i>Teucrium gnaphalodes</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i> , <i>Atractylis cancellata</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Onopordum nervosum</i>
Terrinches - Castillejo de Bonete - 15	Tomillar Pastizal	<i>Thymus spp</i> , <i>Teucrium gnaphalodes</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i>
Terrinches - castillo de Terrinches - 16	Pastizal, Herbazal nitrófilo	<i>Poa bulbosa</i> , <i>Amaranthus spp</i> , <i>Lycium europaeum</i>
Terrinches - ermita de Luciana - El Calvario - 17	Herbazal nitrófilo	<i>Amaranthus spp</i> , <i>Chenopodium spp</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i>
Terrinches - La Ontavia - 18	Herbazal rudero- nitrófilo Cardal	<i>Echium boissieri</i> , <i>Cynara humilis</i> , <i>Amaranthus spp</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Scolymus hispanicus</i> , <i>Conium maculatum</i> , <i>Achusa azurea</i> , <i>Beta maritima</i> ,
Villamanrique - Castillo de Eznavejor - 19	Pastizal-cardal	<i>Plumbago europaea</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Scolymus hispanicus</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Marrubium vulgare</i> , <i>Echium boissieri</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i> ,
Villamanrique - Castillo de Montizón - 20	Herbazal nitrófilo Pastizal	<i>Conium maculatum</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Hyoscyamus sp</i> , <i>Amaranthus spp</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Thymus zygis</i> , <i>Retama sphaerocarpa</i> , <i>Dactylis hispanica</i>
Villamanrique - Torre de la Higuera - 21	Pastizal-cardal Herbazal nitrófilo	<i>Retama sphaerocarpa</i> , <i>Cynara humilis</i> , <i>Scolymus hispanicus</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Ficus carica</i>

LOCALIDAD - ORDEN	Vegetación	Principales especies
Villanueva de la Fuente - Casco urbano - 22	Matorral halonitrófilo Herbazal nitrófilo	<i>Lycium europaeum</i> , <i>Plumbago europaea</i> , <i>Amaranthus</i> spp, <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Beta maritima</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Rubia tinctorum</i>
Villanueva de la Fuente - Calar ermita Desamparados - 23	Tomillar Pastizal Herbazal nitrófilo	<i>Thymus</i> spp, <i>Teucrium gnaphalodes</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Atractylis cancellata</i> , <i>Ruta montana</i> , <i>Ballota hirsuta</i> , <i>Plumbago europaea</i>
Villanueva de la Fuente - Cerro Ortega - 24	Coscojar, Retamar Pastizal - cardal	<i>Retama sphaerocarpa</i> , <i>Atractylis cancellata</i> , <i>Conium maculatum</i>
Villanueva de los Infantes - Jamila - 25	Pastizal - cardal Tomillar	<i>Poa bulbosa</i> , <i>Salsola vermiculata</i> , <i>Atractylis cancellata</i> , <i>Scolymus hispanicus</i> , <i>Onopordum nervosum</i> , <i>Phlomis herba-venti</i> , <i>Thymus zygis</i>

Elaboración propia. Información recogida directamente en campo

El análisis de la información nos permite obtener algunas pautas. Se aprecian matices en la composición florística de los enclaves según la naturaleza química de la litología. Por eso hay tendencia a que en las localidades más occidentales y meridionales, más próximas a Sierra Morena, en la que son dominantes las pizarras y las cuarcitas, predominen las especies asociadas a suelos silíceos; y en las más orientales y septentrionales, más cercanas a la paramera caliza de Montiel-Ruidera, las basófilas.

3.1. VEGETACIÓN NITRÓFILA, MATORRALES Y HERBAZALES

Los asentamientos humanos del pasado tienen asociado el pastoreo como práctica cultural principal. El abandono posterior en un medio muy rico en nitrógeno favorece la matorralización y así se encuentran tomillares y matorrales halonitrófilos, en este caso dominados por el sisallo (*Salsola vermiculata*) que en esta comarca es muy fiel a estos enclaves históricos. Especies acompañantes son *Plumbago europaea*, *Atriplex rosea*, alharma (*Peganum harmala*) -muy usada desde antiguo por sus propiedades- o *Helianthemum angustatum*. Se puede considerar asociado a este tipo de vegetación al *Lycium europaeum* que está presente en las afueras de varios pueblos. Es reseñable la presencia de ontina (*Artemisia herba-alba*) en el cerro del castillo de Alcubillas; esta planta tiene su hábitat en fondos de valle, preferentemente con yeso y salinidad. Su presencia alejada de otras poblaciones en lo alto de un cerro, sobre litología de la Era Paleozoica diferente a la habitual, solo se puede explicar por la intervención humana.

Quando la vegetación es herbácea, el alto contenido en nitrógeno se aprecia por la presencia de heliotropo (*Heliotropium europaeum*), cicuta (*Conium maculatum*), estramonio (*Datura stramonium*), beleños (*Hyoscyamus albus*, *H. niger*), hinojos (*Foeniculum vulgare*), amarantos (*Amaranthus blitoides*, *A. deflexus*, *A. albus*) o cenizos (*Chenopodium* spp). En medios arvenses se ven: *Anchusa azurea*, *Chondrilla juncea*, *Kickxia lanigera*, *Papaver rhoeas*, o el tornasol (*Chrozophora tinctoria*), entre las más frecuentes.

3.2. VEGETACIÓN RIPARIA

La mayoría de los enclaves estudiados tienen sentido histórico, o razón de ser por la proximidad del agua como sucede en Villanueva de la Fuente “Mentesa Oretana”, La Ontavía, La Mairena, Almedina y Puente Ollmilla. En este caso la vegetación se caracteriza por la presencia de especies freatófitas, como son los zarzales (*Rubus ulmifolius*) y los herbazales escionitrófilos asociados a las olmedas. Especies observadas serían el yezgo (*Sambucus ebulus*), la cardencha (*Dipsacus fullonum*), las mentas (*Mentha suaveolens*, *M. pulegium*), el junco (*Scirpoides holoschoenus*), los rosales (*Rosa gr canina*), la salicaria (*Lythrum salicaria*), *Calystegia sepium*, *Equisetum ramosissimum* o *Epilobium hirsutum*.

3.3. TOMILLARES Y PASTIZALES

Otra comunidad vegetal destacada es la asociada a tomillares y pastizales que en las vías pecuarias y descansaderos de ganado son dominantes. Las especies más frecuentes son *Poa bulbosa*, *Dactylis hispanica*, *Cynosurus echinatus*, *Trifolium spp*, *Tuberaria guttata*, *Thymus zygis*, *Teucrium gnaphalodes*, *Phlomis lychnitis*, *Atractylis cancellata*, *Carlina racemosa*, *T. mastichina*, *T. vulgaris*, siempre con matices según la química del suelo. Aunque la especie más indicadora del pastoreo es la retama de bolas (*Retama sphaerocarpa*) que tiene buena representación en el territorio. En ese sentido se han detectado otras especies que no son comunes en la comarca y que aprovechan estas cañadas para prosperar, de esta forma se confirma que estas vías pecuarias funcionan como corredores ecológicos. Como ejemplo la presencia en bordes de caminos y cañadas de lenguaza (*Echium boissieri*) o de ajedrea (*Satureja intricata*) que tienen presencia restringida en la zona y proceden de otras comarcas, la primera de la región bética y la segunda de las parameras ibéricas. El incremento de nitrificación se aprecia por la presencia de ruda (*Ruta montana*) o por la presencia de cardos (*Eryngium campestre*, *Centaurea melitensis*, *Carlina corymbosa* subsp *hispanica*, *Carduus spp*, *Echinops strigosus* o incluso *Onopordum nervosum*); también labiadas como *Marrubium vulgare*, *M. supinum*, *Salvia verbenaca*, *Phlomis herba-venti* o la más termófila *Ballota hirsuta*.

3.4. USOS DE LAS PLANTAS Y EVOLUCIÓN ACTUAL

Además, se han detectado algunas especies que quizás hayan podido ser empleadas por los habitantes del territorio desde tiempos inmemoriales. En ese sentido se ha detectado presencia de algunas que han podido tener uso alimenticio o medicinal (Tardío et al., 2002), como el hinojo (*Foeniculum vulgare*), la zanahoria silvestre (*Daucus carota*), el cardillo (*Scolymus hispanicus*), el regaliz (*Glycyrrhiza glabra*), la achicoria (*Cichorium intybus*), la alcachofa (*Cynara humilis*), el tornasol (*Rubia tinctorum*) o la higuera (*Ficus carica*) que ha resultado muy presente en el territorio.

Actualmente muchos lugares se han roturado y los pastizales, tomillares y cardales están siendo colonizados por una serie de especies cosmopolitas fruto del cambio global presente. Estas especies, con esplendor fenológico en el verano, aprovechan los cultivos de regadío o las cunetas para prosperar, como ejemplos

tenemos a *Sorghum halepense*, *Epilobium brachycarpum*, o las compuestas de los géneros *Erigeron spp.* y *Dittrichia spp.* En cualquier caso, estas especies llegan a desplazar a las comunidades de pastizal y terminan con especies notables asociadas a hábitats de estepa, propias de climas continentales.

4. CONCLUSIONES

Hay una correlación positiva evidente y bastante marcada entre tipos de vegetación, flora asociada y la presencia de restos históricos. El principal resultado obtenido muestra que la flora y vegetación en estos ambientes históricos está influida por el alto contenido en nitrógeno del suelo y que tiene un lugar muy destacado el hábitat de la directiva 92/43/CE, con el epígrafe 1430, de matorrales halonitrófilos ibéricos de la clase *Pegano-Salsoletea*. También está bastante representado en estos asentamientos el hábitat prioritario de pastizales anuales del *Thero-Brachypodietea*, -epígrafe 6220 de la directiva- (DOUE, 1992).

En resumen, se ha visto que hay una serie de especies que se repiten sistemáticamente en la práctica totalidad de enclaves y que se pueden emplear para detectar emplazamientos arqueológicos como indicadoras de asentamientos históricos. De entre las especies estudiadas ha resultado ser *Plumbago europaea*, la más vista en los puntos estudiados, con 12 avistamientos. Se puede considerar una buena detectora de restos arqueológicos. Este dato se ha podido corroborar también en las provincias de Madrid, Cuenca, Guadalajara y Toledo (Martínez Labarga, 2014).

AGRADECIMIENTOS

A Luis Benítez de Lugo y a Mar Zarzalejos por brindarnos la oportunidad de realizar estudios arqueológicos en la comarca. A Pedro Castellanos y Enrique Luengo por la información facilitada sobre el territorio del Campo de Montiel.

5. REFERENCIAS

ANTHOS (2017): *Sistema de información sobre las plantas de España*: <http://www.anthos.es>. Consulta en varias fechas, entre septiembre de 2016 y septiembre de 2017.

BENÍTEZ DE LUGO, L. 2001: "El registro arqueológico en Alhambra (Ciudad Real)". *Cuadernos del Instituto de Estudios Manchegos-C.S.I.C.*, 23-24: 9-25.

BENITEZ DE LUGO, L. 2015: *El patrimonio de Terrinches (Ciudad Real) historia, arte y naturaleza*. Edita ANTHROPOS, S. L., Valdepeñas, Ciudad Real, 160 p.

BENÍTEZ DE LUGO, L., ÁLVAREZ, H. J., MATA, E., TORRES, M., MORALEDA, J. & CABRERA, I. 2011: "Investigaciones arqueológicas en Mentesa Oretana (Villanueva de la Fuente, Ciudad Real), 2003-2009: muralla ibérica, área urbana y necrópolis tardoantigua e islámica". *Espacio, Tiempo y Forma. Serie I, Nueva época. Prehistoria y Arqueología*, 4: 309-336.

BENÍTEZ DE LUGO, L., ÁLVAREZ, H.J., MORALEDA, J. & MOLINA, M. 2007: "Consideraciones acerca del Bronce de La Mancha a partir de la investigación de la cueva prehistórica fortificada de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real). Campañas 2003-2005". *Actas de las I Jornadas de Arqueología de Castilla-La Mancha (Cuenca, 2005)*, Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca, pp.: 231-262.

BENÍTEZ DE LUGO, L., ÁLVAREZ, H. J., TORRES, M., MORALEDA, J. & MATA, E. 2013: "La frontera occidental del concejo de Alcaraz en la Edad Media. Estudios arqueológicos del Castillo de Terrinches, el Castillo de los Baños del Cristo y la Alcazaba de Villanueva de la Fuente (Ciudad Real)", en Pretel, A. (coord.): *Alcaraz: del Islam al concejo castellano*, Ayuntamiento de Alcaraz e Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel", Albacete, pp. 243-275.

CASTROVIEJO, S. (coord. gen.). 1986-2015: *Flora iberica* 1-15, 16(I), 17-18, 20-21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

CORCHADO SORIANO, M. 1971: *Avance de un estudio geográfico - histórico del Campo de Montiel*. Instituto de Estudios Manchegos, 201 p.

DOUE (1992): núm. 206, de 22 de julio de 1992, páginas 7 a 50. *Directiva 92/43/CE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres*: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1992-81200>. Consulta 24 de septiembre de 2017.

ESTESO, F. 1992: *Vegetación y flora del Campo de Montiel. Interés farmacéutico*. Instituto de Estudios Albacetenses, serie 1: 59. Albacete, 411 p.

ESTESO, F., SANCHIS, E., PERIS, J.B., STUBING, G. & FIGUEROLA, R. 1988: "Notas corológicas Manchegas, I". *Fontqueria*, 16: 45-49.

GALLEGO, D. 2016: "La fortificación medieval en el Campo de Montiel (ss. VIII-XVI)". Análisis de su secuencia histórica y constructiva. *Espacio, tiempo y forma. Serie III, Historia medieval*, 29: 337-376.

IBERPIX 4 (2017): *Visor geográfico*. <http://www.ign.es/iberpix2/visor/> Consulta en varias fechas, entre septiembre de 2016 y septiembre de 2017.

MARTÍN BLANCO, C. J. & CARRASCO M. A. 2005: *Catálogo de la flora vascular de la provincia de Ciudad Real*. Monografías de la AHIM, 1. Valencia. Asociación de Herbarios Ibero-Macaronésicos. 581 p.

MARTÍNEZ LABARGA, J. M. 2014: *Estudios corológicos de plantas vasculares en la cuenca media del Tajo*. Tesis doctoral. Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid. 684 p.

MOLERO GARCÍA, J. M. & GALLEGO VALLE, D. 2013: "El primer encastillamiento cristiano en el Campo de Montiel (1213-c. 1250)", en Pretel, A. (coord.): *Alcaraz: del Islam al concejo castellano*, Ayuntamiento de Alcaraz e Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel", Albacete, pp. 111-142.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. 2007: "Mapa de Series, Geoseries y Geopermaseries de Vegetación de España [Memoria del mapa de vegetación potencial de España]. Parte I". *Itinera Geobotanica*, 17:5-436.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., PENAS, A., DÍAZ, T. E. & FERNÁNDEZ, F. 2011a: "Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España: [Memoria del mapa de vegetación potencial de España]", Parte II. *Itinera Geobotanica*, 18(1): 5-424, ed AEFA y FIP.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., PENAS, A., DÍAZ, T. E. & FERNÁNDEZ, F. 2011b: “Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España: [Memoria del mapa de vegetación potencial de España]”, Parte III. *Itinera Geobotanica*, 18(2): 425-800, ed AEFA y FIP.

RJB COLECCIONES (2017): *Consulta de plantas colectadas por González Albo en el herbario MA del Real Jardín Botánico de Madrid*. <http://colecciones.rjb.csic.es/> Consulta en varias fechas en septiembre de 2017.

RUIZ DE LA TORRE, J. 1990: *Memoria General del Mapa Forestal de España 1:200.000*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Publicaciones del ICONA. 191 p.

TARDÍO, J., PASCUAL, H. & MORALES, R. 2002: *Alimentos silvestres de Madrid. Guía de plantas y setas de uso alimentario tradicional en la Comunidad de Madrid*. Ediciones La Librería. Madrid. 246 p.

VELAYOS, M. 1983: “Notas florísticas de las Lagunas de Ruidera (Campo de Montiel, Albacete-Ciudad Real)”. *Trabajos del Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Madrid*, 12: 19-25.

DIETA Y SELECCIÓN DE ALIMENTO DE UNA ESPECIE INVASORA E IMPORTANCIA DE ESTAS VARIABLES PARA PREDECIR SU EXPANSIÓN: EL CASO DE LA COTORRA GRIS ARGENTINA *MYIOPSITTA MONACHUS* BODDAERT, 1783

Lorena Nieves Carretero¹ y José A. Gil-Delgado Alberti¹

¹*Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología evolutiva/Universidad de Valencia*

¹*lonieca@alumni.uv.es, gild@uv.es*

RESUMEN:

La cotorra gris de Argentina (*Myiopsitta monachus*), procede del sur de América. En Europa es una especie invasora y en España incrementa su área de distribución. Un modelo reciente basado en variables abióticas predice como amplía su área de distribución. Analizamos su dieta porque los recursos alimentarios son necesarios para su supervivencia y en España se carece de información. Nuestro objetivo es determinar las especies vegetales preferidas y si selecciona algún tipo de alimento entre las especies consumidas. Además, comprobamos si el tamaño de las zonas verdes en las áreas urbanas afecta a su densidad. Nuestros resultados muestran que consumen principalmente especies exóticas y lugares con un porcentaje bajo de esta flora no son óptimos para una colonización exitosa. Su densidad no depende del tamaño de los parques en las superficies urbanas.

Palabras clave: dieta, España oriental, jardines, palmeras, parques, población.

ABSTRACT (Diet and food selection of an alien species and the effect of these variables as expansion predictor: the case of the Monk parakeet *Myiopsitta monachus* Boddaert, 1783):

The native distribution area of the monk parakeet (*Myiopsitta monachus*) is the southern region of South America. However, in Europe it is a recent alienspecies. In Spain, hasan expansive pattern, and there are predictions of increase of occupied sites. However, the used variables were related to the environment. In Spain, there is not information available about the monk parakeet diet.The aim of this study was to determine the plant species consumed and if so, there is a consumption preference towards a specific plant or parts of the plants such as their fruits and

leaves. Furthermore, we tested if the park size in urban areas affects the monk parakeet density. Both variables food and density are essential to track the monk parakeet potential expansion. Our results indicated that the main food resources are the exotic plant species, and probably, those places without exotic plant species would be the unlikely colonization of these sites. The park sizes do not affect the bird density.

Keywords: diet, East Spain, palm trees, parklands, population.

1. INTRODUCCIÓN

En España hay un apreciable número de aves exóticas que por acciones de tipo antrópico van en aumento (Martí & del Moral, 2003). Entre ellas podemos destacar el caso de algunos psitácidos, como puede ser la cotorra monje o cotorra gris argentina *Myiopsitta monachus* (Molina et al., 2016). La cotorra gris argentina procede del cono sur de Sudamérica en regiones templadas y subtropicales del este de la cordillera andina (del Hoyo et al., 1997), en donde era capturada y comercializada hacia países desarrollados.

Algunos estudios señalan que la invasión de la cotorra argentina está condicionada a la presencia humana, no sólo porque las personas puedan favorecer el escape y liberación de nuevos individuos, sino que pueden disfrutar de lugares con alimento accesible ya que mayoritariamente en parques urbanos las personas son una fuente de suministro de alimentos y hay una variedad alta de especies vegetales exóticas y árboles frutales, lo que ha provocado un cambio en el comportamiento de la búsqueda de alimento en esta especie en los últimos años, adaptándose a las condiciones novedosas y al uso de nuevos recursos alimenticios que los ambientes urbanos ofrecen. Un informe reciente muestra que estos nuevos recursos alimentarios en Barcelona son principalmente cereales y pan, y representan hasta un 40% de las fuentes de alimentos para los loros (Muñoz & Real 2006; Faus et al., 2012).

En este trabajo estudiamos dos aspectos de la especie invasora mencionada, el posible efecto del tamaño del parque sobre su densidad y la dieta alimentaria en la ciudad de Valencia y localidades limítrofes. El segundo aspecto es importante porque una parte esencial de la explicación de su éxito como invasor debe de estar ligado a la presencia de recursos alimentarios suficientes.

2. ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS.

El área de estudio comprende la ciudad de Valencia y tres de las localidades con las que limita (Burjassot, Moncada y Mislata). La ciudad de Valencia se encuentra en la costa mediterránea de la península Ibérica. Situación geográfica, superficie urbana, y número de habitantes entre otras características se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las localidades en las que se censaron las cotorras grises.

LOCALIDAD	ALTITUD	LONGITUD	LATITUD	POBLACIÓN	SUPERFICIE URBANA (km ²)	SUPERFICIE PARQUES (ha)
VALENCIA	16	0° 22'35"W	39°28'11.2"N	790 201	134,65	212,8
MISLATA	30	0°24'56"W	39°28'30"N	43,657	2.1	6.68
BURJASSOT	59	0°24'24"W	39°30'23"N	37,667	3.4	6.36
MONCADA	37	0°23'32"W	39°32'29"N	21,651	15.6	3.12

Para evaluar la población de cotorras argentinas hemos utilizado el método del itinerario lineal que nos permite estimar sus densidades (Carrascal et al., 2008; Gallardo et al., 2010). En total hemos realizado 20 itinerarios siguiendo una estrategia de muestreo aleatoria en función de las zonas preestablecidas, y definiendo la longitud y la dirección al azar. La longitud de los recorridos fue variable y dependía de la anchura del itinerario escogido, o del tamaño del parque. Considerando todos los itinerarios la distancia recorrida varió de 0,15 a 3 km (Media = 1,099 km; $s=1.755$; $N = 20$). Los recorridos se efectuaron a pie, a una velocidad de entre 2-3 km/h.

Los itinerarios fueron trazados previamente mediante aplicaciones de georreferenciación utilizando *Google maps* o SIGPAC. En los itinerarios anotamos todos los individuos vistos u oídos a ambos lados del trayecto, estimando la distancia de observación según la perpendicular al observador y adaptándola a la anchura del parque. Los itinerarios se efectuaron a las horas del día en las que es máxima la detectabilidad de las aves y que coinciden con las 4 primeras horas de la mañana a partir de la salida del sol (7:30 - 11:30 h oficial). El estado del tiempo no siempre permitió una adecuada visibilidad de los animales, por lo que en su caso repetíamos el itinerario. Hubo que hacer varias repeticiones de algunos itinerarios (véase Sutherland, 1996). Para el cálculo de las densidades utilizamos la siguiente expresión: $D = \frac{n1+n2}{2rl} \ln \left(\frac{n1+n2}{n2} \right)$ donde $n1$ es el número de individuos observados en una radio inferior a 25 o 50 m en dependencia con el itinerario, y $n2$ es el número de individuos observados más allá de los 25 o 50 m; l es la longitud del itinerario y r es el radio escogido perpendicular al movimiento del observador (Sutherland, 1996). La diferencia en anchura de los itinerarios está en dependencia con la visibilidad y con el escenario.

Para el muestreo de la alimentación de la cotorra gris de Argentina se utilizó la técnica del 'muestreo instantáneo', el cual consiste en registrar las actividades, minuto a minuto, de un determinado grupo de aves (Altmann, 1974), a fin de cuantificar la importancia de sus actividades. En total conseguimos 71 muestras aleatorias, cada una de ellas de 5 minutos, en los que observaremos el comportamiento alimentario. Durante este período se anotó la especie, parte de la planta/árbol de la cual se alimenta (flor, fruto, hoja, corteza, larvas de insectos, etc.); también anotamos el número de individuos. En el caso de que se estén alimentando en el suelo, también se indicó si escarbaban en busca de larvas. Partiendo del árbol del que se estén alimentando, diseñamos un radio de 20 m para anotar las especies y número de árboles/arbustos en el interior del círculo definido por los 20 m. Este

protocolo nos permitió determinar la aleatoriedad o preferencia de las diferentes fuentes de alimento.

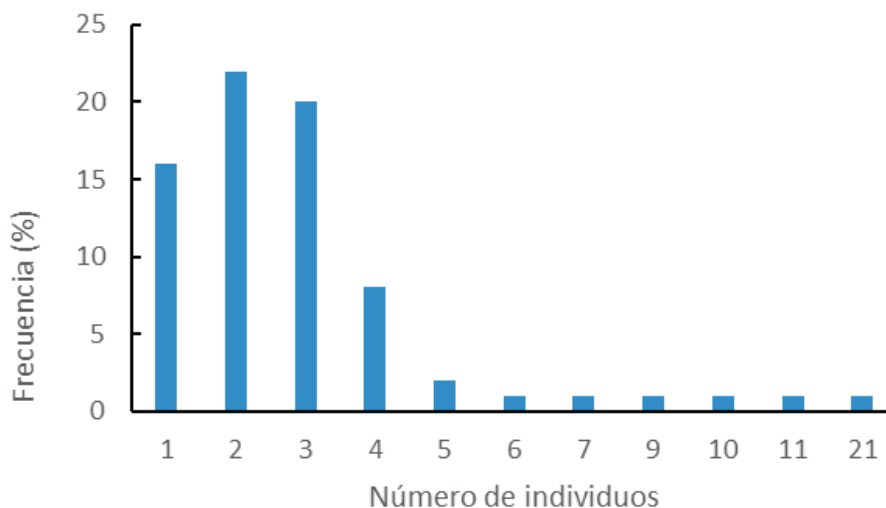
Las preferencias alimentarias las testamos mediante la prueba chi-cuadrado (Zar, 2010). Idéntica forma de operar seguimos para valorar las preferencias por las diferentes partes de las plantas. Para establecer la tendencia entre la superficie del parque y la densidad de cotorras grises de Argentina utilizamos ecuaciones lineales y polinómicas con la intención de buscar los mejores ajustes (véase Zar, 2010).

3. RESULTADOS

En los parques nuestros resultados mostraban 4,8 aves/ha ($s = 8,97$; $N = 20$). La superficie del parque no tiene ningún efecto sobre la densidad de cotorras grises ($R^2 = 0,019$; $F_{1,19} = 0,2017$; ns).

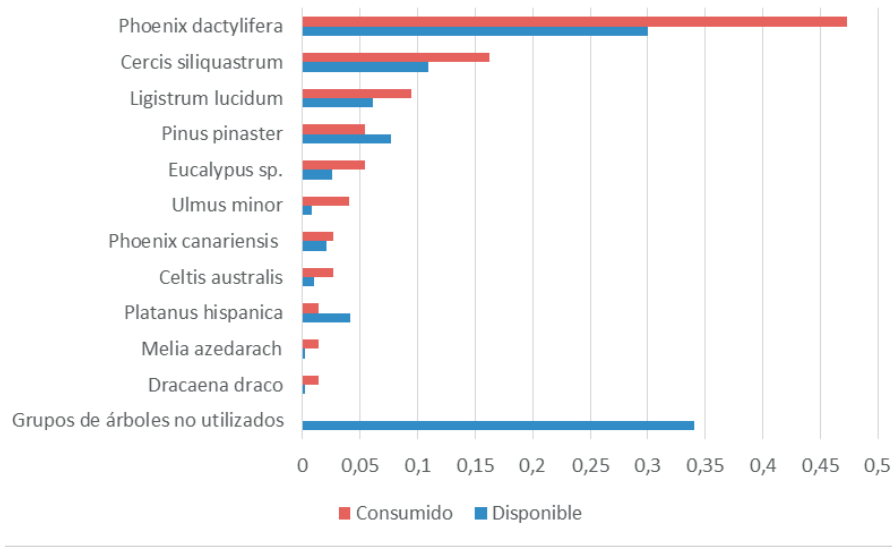
La cotorra argentina se alimenta en grupos que varían de 1-21 (Media = 3,05; $s = 2,87$; $N = 71$). La mayoría de las agrupaciones alimentarias de la cotorra gris argentina consiste en asociaciones de 1-3 individuos siendo raras las que congregan un número mayor de aves. La moda consiste en grupos de 2 individuos que casa bien con la agregación por parejas (Figura 1).

Figura1: Distribución de los grupos de cotorras argentinas avistados según el número de individuos por grupo. Número de observaciones = 71.



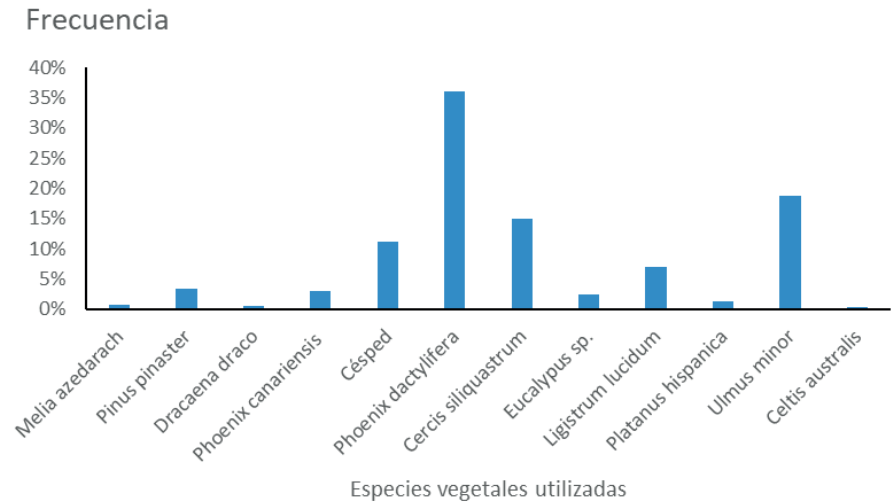
En total hemos observado que las cotorras argentinas han utilizado como alimento frutos, brotes, hojas, semillas y corteza de 12 especies vegetales. La especie utilizada con mayor frecuencia fue la palmera datilera (*Phoenix dactylifera*), que por sí sola alcanza más del 40 % de las observaciones, y la segunda especie más abundante es el árbol del amor (*Cercis siliquastrum*), con un 10% de las observaciones (Figura 2).

Figura 2: Porcentaje de las especies arbóreas disponibles y porcentaje consumido de dichas especies por las cotorras argentinas. El eje de las X varía de 0-1 (0-100%).



Como cada observación contenía información adicional pues considerábamos el número de individuos alimentándose sobre una planta concreta y un tiempo de cinco minutos hemos diseñado un nuevo patrón considerando ambas variables. El patrón no cambia mucho, aunque hay un mayor número de especies que se acercan al 10% de uso (Figura 3).

Figura 3: Distribución de las especies vegetales utilizadas por las cotorras grises argentinas incluyendo los parámetros de tiempo y número de individuos.



Considerando que los árboles sobre los que se alimentaba se rodeaban de otras especies que se situaban dentro de un área circular de 20 m de radio en el que el punto central se corresponde con el árbol del que se alimentaban, determinamos 39 especies con frecuencias variables entre 1 y 30 %. Podemos apreciar especies consumidas por encima de la disponibilidad, mientras en otras el patrón es contrario. De hecho, hay 28 especies que en su conjunto no fueron utilizadas y que representan un valor por encima del 30% de disponibilidad. El contraste de las distribuciones de árboles de los que se alimentan y la distribución de las abundancias de árboles disponibles después de eliminar de este grupo aquellas especies no utilizadas nos muestra que las especies se utilizan aleatoriamente, aunque la significación está muy cerca del límite ($\chi^2 = 16,79$; g. l. = 10; $p = 0.051$ Fisher test exacto).

Considerando la disponibilidad de especies y con la particularidad que usan frutos, brotes, semillas, hojas, y también la corteza, cualquiera de las especies disponibles podría atraer a las cotorras argentinas. Sin embargo, solo utilizaron el 28,2% de las especies de árboles presentes. Las preferencias o rechazo hacia una determinada especie podemos visualizarlo gráficamente (Figura 2).

En cada una de las muestras, los individuos de cotorra gris argentina tenían cinco posibilidades de selección de alimento. Dentro del total de las muestras, en más del 80% de los casos seleccionan el fruto. Entre las restantes posibilidades la hoja, brotes, semillas o corteza; en ningún caso supera el 10% (Figura 4). Además, en ninguna de las especies consumidas seleccionan dos tipos de alimento. Así, de las 11 especies de árboles consumidas en 6 utilizan un único tipo de alimento. En dos de ellas, la palmera datilera y del almez (*C. australis*), solo consumen frutos; la hoja en el drago (*Dracaena draco*); semillas en el árbol del amor, brotes de olmo (*Ulmus minor*) y la corteza del platano de sombra (*Platanus hispánica*). En las otras cinco especies consumen dos tipos de alimento en combinaciones variables con casos en los que hay una clara preferencia hacia uno de ellos, y casos en los que el consumo de los dos tipos utilizados es similar (Figura 5).

Figura 4: Porcentaje consumido de cada uno de los órganos disponibles para la alimentación de la cotorra argentina.

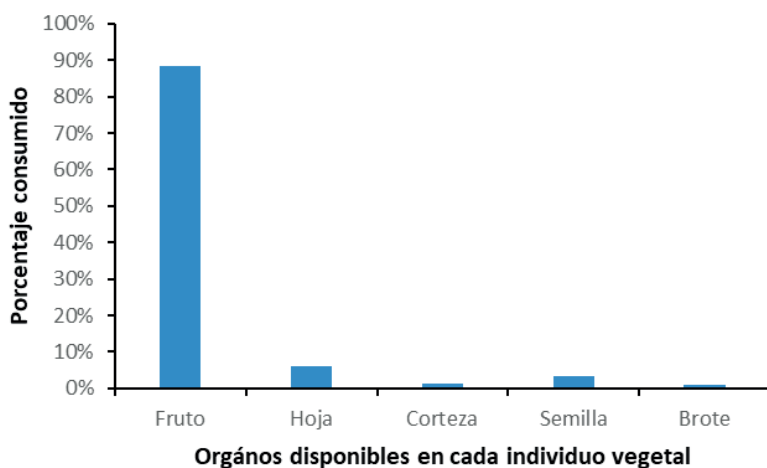
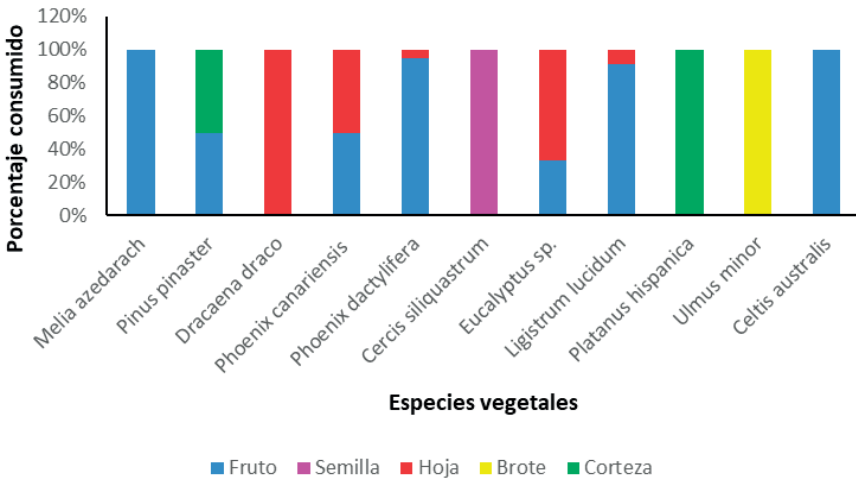


Figura 5: Porcentaje consumido de cada órgano disponible en cada una de las especies arbóreas utilizadas.



4. DISCUSIÓN

La cotorra gris argentina es un animal gregario, y aunque el rango obtenido es amplio los grupos más numerosos estaban compuestos por 2-4 individuos. Estos resultados concuerdan con estudios previos en los que se citaban grupos de 2-5 individuos (Di Santo et al., 2013). En los grandes grupos algunos de los individuos pueden actuar de vigilantes pero en esta especie el tamaño del grupo puede estar relacionado con otros factores como la distribución, disponibilidad y/o calidad de los recursos tróficos (Di Santo et al., 2013). En Valencia, las cotorras argentinas prefirieron comer en árboles que en el suelo, pero cuando se alimentan en el suelo los grupos suelen ser mayores y en este caso podrían influir las ventajas derivadas de comportamientos de vigilancia (Sol et al., 1997; Burger & Gochfeld, 2009). En los árboles si la defensa pasiva es mayor un menor tamaño de grupo podría estar favorecida al disminuir la competencia por el alimento.

En Valencia, la cotorra gris argentina selecciona positivamente los frutos de palmeras datileras que constituyen la segunda especie arbórea más abundante en los parques urbanos y las especies arbóreas cuyos frutos seleccionan más positivamente suman unos 5.000 individuos, es decir, el 8% de los árboles de calles y avenidas. De este modo, es posible que los recursos tróficos en la ciudad (al menos, en algunas épocas del año) sean lo suficientemente abundantes como para mantener a las poblaciones confinadas en ciertas zonas.

En el periodo de estudio, se ha visto una clara preferencia general por los frutos. Aunque cabe destacar que en algunas de las especies solo eran seleccionados los brotes, las semillas, incluso la corteza. Esto puede tener su causa en el uso de alimentos secundarios cuando faltan los recursos preferidos.

En cualquier caso, en tanto en cuanto las especies vegetales exóticas sigan siendo preponderantes en los parques urbanos las poblaciones de cotorras argentinas deben de estar favorecidas. Su expansión hacia espacios no urbanos es de esperar pues en la dieta entran un buen número de especies de ambientes menos antrópicos. Un estudio realizado sobre la dieta de esta especie en Chicago (USA), muestra una gama amplia de especies vegetales (South & Pruet-Jones, 2000), y cardos, cariofiláceas y poaceas constituyen la dieta de los pollos en un estudio realizado en Argentina (Aramburu & Corbalan, 2000).

5. REFERENCIAS

- ALTMANN, J. 1974: "Observational Study of Behavior: Sampling Methods". *Behaviour*, 49(3): 227-266.
- ARAMBURU, R. & CORBALAN, V. 2000: "Dieta de pichones de cotorra *Myiopsitta monachus monachus* (Aves: Psittacidae) en una población silvestre". *Ornitología Neotropical*, 11:241-245.
- BURGER, J. & GOCHFELD, M. 2009: "Exotic monkparakeets (*Myiopsitta monachus*) in New Jersey: nest site selection, rebuilding following removal, and their urban wildlife appeal". *Urban Ecosystems*, 12(2): 185-196.
- CARRASCAL, L. M., PALOMINO, D. & POLO, V. 2008: "Patrones de distribución, abundancia y riqueza de especies de la avifauna terrestre de la isla de la Palma (Islas Canarias)". *Graellsia*, 64(2): 209-232.
- DEL HOYO, J., ELLIOT, A. & SARGATAL, J. (eds). 1997: *Handbook of the Birds of the World. Vol. 4. Sandgrouse to Cuckoos*. Lynx Editions, Barcelona.
- DI SANTO, M., VIGNOLI, L. BATTISTI, C. & BOLOGNA, M.A. 2013: "Feeding activity and space use of a naturalized population of Monk Parakeet, *Myiopsitta monachus*, in a Mediterranean urban area". *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, 68:275-282.
- FAUS, J., MONTALVO, T., ORTEGA, A., RODRÍGUEZ-PASTOR, R., SENAR, J. C. & URIBE F. 2012: "Distribution patterns of invasive Monkparakeets (*Myiopsittamonachus*) in an urban habitat". *Animal Biodiversity and Conservation*, 35.1:107-117.
- GALLARDO, G., NUÑEZ, A. & PACHECO, L.F. 2010: "Transectos lineales como opción para estimar abundancia de vicuñas (*Vicugna vicugna*): Estudio de caso en el Parque Nacional Sajama, Bolivia". *Ecología en Bolivia*, 45 (1): 64-72.
- MARTI, R. & DEL MORAL, J. C. (eds.). 2003: *Atlas de las aves reproductoras de España*. Dirección General de la Protección de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- MOLINA, B., POSTIGO, J. L., MUÑOZ, A. R. & DEL MORAL, J. C. (eds.). 2016: *La cotorra argentina en España, población reproductora en 2015 y método de censo*. SEO/BirdLife, Madrid.
- MUÑOZ, A. & REAL, R. 2006: "Assessing the potential range expansion of the exotic monk parakeet in Spain". *Diversity and Distributions*, 12:656-665.
- SOL, D. 2014: "Claves del éxito de las especies invasoras". *Ambienta*, 109:4-13.
- SOUTH, J. M. & PRUETT-JONES, S. 2000: "Patterns of flock size, Diet and

vigilance of naturalized Monk parakeets in Hide Park Chicago”. *Condor*, 102: 848-854.

SUTHERLAND W.J. 1996: *Ecological census techniques: a handbook*. Cambridge University Press. Cambridge

ZAR, J.H. 2010: *Biostatistical Analysis*. 5th Edition, Northern Illinois University. Pearson.

EL LAUREDAL DE LA ISLA DE CORTEGADA (PARQUE NACIONAL DAS ILLAS ATLÁNTICAS DE GALICIA): UNA DISCUSIÓN FITOGEOGRÁFICA EN CLAVE DE CONSERVACIÓN

Valerià Paül Carril¹, L. Martín Agrelo Janza², J. Gaspar Bernárdez Villegas³ y Josep M. Panareda Clopés⁴

^{1,2}*Departamento de Xeografía, Universidade de Santiago de Compostela*

³*Departamento de Producción Vexeta, Universidade de Santiago de Compostela*

⁴*Institut d'Estudis Catalans*

¹*v.paul.carril@usc.es*, ²*luismartin.agrelo@rai.usc.es*

³*gaspar.bernardez@gmail.com*, ⁴*jmpanareda@gmail.com*

RESUMEN:

Se analiza el lauredal de la isla de Cortegada desde una perspectiva fisionómica, considerando al mismo tiempo su composición florística. Se distinguen tres situaciones: lauredal estricto, bosque mixto y robledal, estos dos últimos con presencia notable de *Laurus nobilis*. La discusión pretende interpretar la formación vegetal. En particular, se infiere su origen antrópico y se valora su actual comportamiento expansivo. Finalmente, se debate la normativa vigente, que determina su conservación, lo que podría entrar en contradicción con la dinámica natural futura.

Palabras clave: fisionomía de la vegetación, dinámica de la vegetación, lauredal, robledal, conservación de la naturaleza.

ABSTRACT (The laurel forest of Cortegada Island (Atlantic Islands of Galicia National Park): a phytogeographical discussion in conservation terms):

The laurel forest of Cortegada Island is analysed from a physiognomic perspective, with consideration also given to floristic composition. Three situations are distinguished: monospecific laurel forest, mixed forest and oak forest. The two latter forests also have a notable presence of *Laurus nobilis*. The discussion interprets the vegetation formation, particularly its inferred anthropogenic origin and its current expansive behaviour. Finally, current planning, which determines its conservation status, is debated; interestingly, this planning may impede future natural evolution of the forest.

Keywords: vegetation physiognomy, vegetation dynamics, laurel forest, oak forest, nature conservation.

1. INTRODUCCIÓN

En el interior de la ría de Arousa existen diversas islas, entre las que se encuentra un archipiélago, el de Cortegada, que está englobado en el Parque Nacional das Illas Atlánticas de Galicia (PNIAG). La isla de Cortegada, que le da nombre al conjunto, es la de mayor extensión y la que centra este estudio. Esta constituye una singularidad, habida cuenta de que el PNIAG abarca básicamente otros tres archipiélagos (Cíes, Ons y Sálvora, de sur a norte) con una situación externa respecto a sus rías respectivas (Vigo, Pontevedra y Arousa). Cortegada es, pues, un caso peculiar que se puede explicar como resultado de la voluntad de «blindarla» ante la ajetreada historia de presión urbanística que le ha afectado a lo largo del último siglo (Garrido, 2007; Vilas et al., 2014; Agrelo & Paül, 2018), aunque también por la presencia de una formación vegetal, el lauredal (*louredo* en gallego), que, al menos desde la década de 1990, ha ido ganando atención académica, y posteriormente mediática y turística (Agrelo & Paül, 2018).

De este modo, el bosque de laureles ha ido emergiendo como el vector principal del valor natural isleño. En este sentido, nos parece pertinente aportar una investigación sobre esta formación vegetal peculiar, en el seno de una reflexión general sobre la conservación del archipiélago. La presente contribución parte de dos líneas de trabajos anteriores de sus autores: por un lado, el estudio de la flora isleña, que se ha concretado en la publicación de una monografía al respecto (Bernárdez et al., 2011) y en la confección del catálogo florístico del PNIAG (Bernárdez et al., 2015); por otro lado, el análisis holístico del paisaje, tanto desde un abordaje fisionómico aplicado al conjunto como en relación a las representaciones actuales del mismo desde distintas perspectivas (Agrelo & Paül, 2018). En este texto nos planteamos ir un paso más allá de estos trabajos previos al presentar una caracterización de las formaciones vegetales en las que se encuentra presente *Laurus nobilis* en la isla. En lo fundamental, se trata de una investigación en términos de fisionomía de la vegetación que, sin embargo, no desdén a abordar la composición florística de la misma (Arozena & Molina, 2000). De todos modos, no es este el lugar para analizar el *louredo* mediante inventarios. Sea como fuere, y tal y como se podrá comprobar en lo sucesivo, cabe decir que la peculiaridad de la formación ha comportado que ya haya sido objeto de diversos estudios, algunos incluso monográficos (por ejemplo, Rozas et al., 2005). En la medida de lo posible, hemos intentado tenerlos todos en cuenta para poder fundamentar de forma sólida una discusión de los resultados obtenidos.

Esta contribución parte de una explicación de la vegetación en el sentido indicado más arriba, a la que sigue un apartado de discusión que pretende avanzar en su interpretación fitogeográfica. El último punto, de carácter conclusivo, aporta un debate en términos de conservación de la formación dominada por *Laurus nobilis* en Cortegada, en el seno de la gestión y ordenación globales del PNIAG.

2. RESULTADOS

De las aproximadamente 45 ha que ocupa la isla de Cortegada, cuya morfología es marcadamente llana (su punto más alto a duras penas emerge 20 m respecto al

nivel del mar), *Laurus nobilis* domina en el estrato arbóreo superior en poco más de 3 ha. Es cierto que aparece en muchos otros puntos, pero solo en un pequeño sector situado en el margen noroccidental de la isla alcanza su máxima presencia. Diferenciamos entre tres situaciones: el lauredal estricto y otros dos sectores adyacentes, con una delimitación precisa problemática; en ambos, en todo caso, *Laurus nobilis* está presente.

(i) Lauredal: se combina un estrato medio-alto dominante formado por pies provenientes de semilla con un estrato inferior de brotes de cepa o raíz, de forma que podemos clasificar esta zona como de monte medio. La mayor parte de los laureles del estrato superior se encuentran en estado de fustal medio (ejemplares con diámetro normal, medido a 1,3 metros sobre el suelo, entre 25 y 30 cm) (Figura 1). El grado de cobertura se puede clasificar como de arbolado cerrado, ya que la fracción de cabida cubierta del arbolado es superior al 70% en toda la superficie. Esta masa puede ser considerada monoespecífica con substrato, pues en su interior encontramos ejemplares de todas las edades. Aun tratándose de una masa dominada por *Laurus nobilis*, hemos detectado la presencia de lianas como *Lonicera periclymenum*, *Rubus ulmifolius*, *Tamus communis* o *Hedera hibernica*, aunque esta última también actúa como tapizante cubriendo el suelo de gran parte de la formación (Tabla 1). También es frecuente la presencia de especies propias de bosques termófilos como la propia *Tamus communis* o *Rubia peregrina*. Destaca la presencia del helecho de distribución ibero-macaronésica *Davallia canariensis*, epífito sobre el tronco de los laureles.

(ii) Bosque mixto: formación arbórea compuesta por *Quercus robur*, *Q. pyrenaica* y *Salix atrocinerea* en la que podemos observar la presencia de especies forestales introducidas como *Pinus pinaster* y *P. pinea*, sin una especie que domine claramente el estrato arbóreo. La mayor parte de los ejemplares de *Quercus robur*, *Q. pyrenaica* y *Pinus pinea* pertenecen a clases de edad de entre 90 y 130 años, mientras que los individuos más antiguos de *Pinus pinaster* y *Laurus nobilis* se establecieron entre 1940 y 1960 (Lamas & Rozas, 2007). Gran parte del arbolado se encuentra en estado de fustal medio (pies con diámetros normales entre 35 y 50 cm). Se trata de un bosque mixto que parece estar evolucionando a un robledal, ya que en su interior aparecen especies características de etapas de sustitución más avanzadas. Se hallan vestigios de una comunidad arbustiva formada por espinosas (*Pyrus cordata*, *Prunus spinosa* o *Crataegus monogyna*), rica en plantas trepadoras (*Solanum dulcamara* y *Lonicera periclymenum*) y con presencia de plantas termófilas, muchas veces esclerófilas (*Laurus nobilis*, *Ruscus aculeatus*), que normalmente aparecen como orlas de bosques caducifolios en el piso colino de este sector (Tabla 1 y Figura 2).

(iii) *Carballeira* (robledal) con presencia de laureles: masa arbórea regular de *Quercus robur*, *Q. pyrenaica* y *Castanea* sp., con mayor presencia del primero en etapa de fustal medio a fustal alto y en el que encontramos numerosos ejemplares con diámetros superiores a 50 cm. En el estrato arbustivo crece una nutrida representación de *Laurus nobilis* proveniente de regenerado, así como especies pioneras (*Salix atrocinerea*) y/o características de etapas más avanzadas en la sucesión de este tipo de formaciones, como *Frangula alnus* (Tabla 1). En el estrato herbáceo es característica la presencia de *Hedera hibernica*, normalmente muy abundante pero sustituida por *Pteridium aquilinum* en los lugares de mayor insolación (Figura 3), o especies esciófilas nemorales como *Teucrium scorodonia* o *Polypodium cambricum* en localizaciones sombrías y con mayor humedad edáfica.

Figura 1. Un antiguo margen de cultivo, con pies viejos de *Laurus nobilis*, algunos ya caídos. El antiguo campo está colonizado por pies jóvenes de *Laurus nobilis* de 1 m de altura. Fotografía de Valerià Paül (2/7/2016).

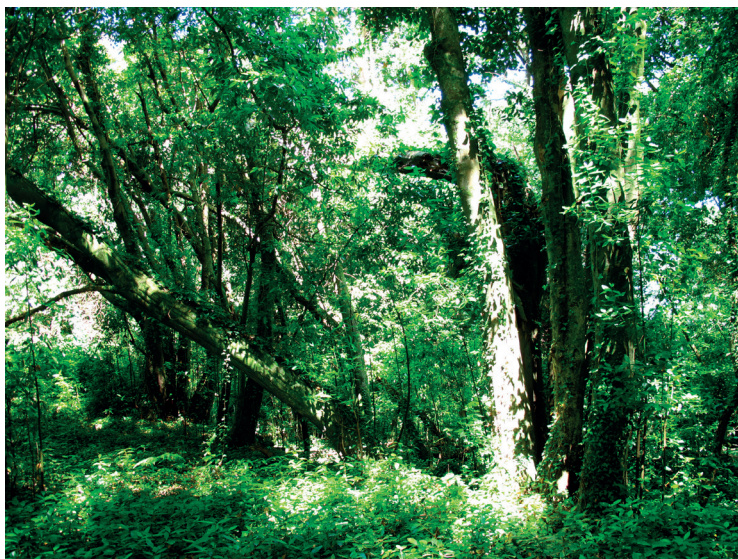


Figura 2. Bosque mixto abierto con pies de *Laurus nobilis* y otras especies arbóreas tales como *Quercus robur* y *Salix atrocinerea*. En los claros de sectores con mayor iluminación abundan plantas heliófilas como *Pteridium aquilinum* y *Rubus ulmifolius*, con una densa alfombra de pies jóvenes de *Laurus nobilis* de 1 a 2 m de altura. Fotografía de L. Martín Agrelo (9/10/2017).



Figura 3. Carballeira densa y con pies añosos. El sotobosque contiene *Laurus nobilis* de 1 a 2 m de altura. En los claros más iluminados, domina *Pteridium aquilinum*. Fotografía de Josep M. Panareda (9/10/2017).



3. DISCUSIÓN

Los resultados aportados permiten cuestionar que la masa de laureles estudiada conforme «una espesura prácticamente impenetrable que se extiende varias hectáreas»¹ (Fernández de la Cigña, 1991: 109), constituya «un verdadero bosque lauroide, el único como tal conocido del continente europeo» (Rey, 1993: 36) o sea «el único bosque de laureles conocido en la Europa continental» (Alcalde et al., 1996: 18) y, asimismo, el «de mayor extensión de la Península Ibérica» (Vilas et al., 2014: 99). Más bien, estamos delante de una muestra del conjunto de lauredales situados a lo largo de la fachada atlántica ibérica, tal y como han estudiado Bueno & Fernández Prieto (1991), Costa et al. (1998: 200-203) o Rodríguez Guitián et al. (2007), propios de lugares húmedos, resguardados y que se benefician de condiciones térmicas suaves. Estas formaciones presentan continuidades y paralelismos con los lauredales mediterráneos ibéricos, de nuevo situados en vaguadas húmedas cerca de la costa (Paül & Serrano, 2003), a pesar de que la cartografía oficial de hàbitats europeos haya tomado la decisión, discutible, de ceñir los «matorrales arborescentes de *Laurus nobilis*» a la región biogeográfica mediterránea (Rodríguez Sánchez & Arroyo, 2009).

En todo caso, resulta excesivo interpretar el *louredo* de Cortegada como lo han hecho algunos de los autores citados más arriba. En efecto, *Laurus nobilis* aparece en determinados lugares dentro del perímetro estudiado como árbol dominante en el estrato superior –sobre todo, como hemos visto, en el estrato arbustivo/

¹ Todas las traducciones del gallego al castellano son nuestras.

Tabla 1. Especies observadas en las tres situaciones estudiadas.

	Lauredal Louredo	Bosque mixto	Robledal Carballeira
<i>Laurus nobilis</i>	●	●	●
<i>Hedera hibernica</i>	●	●	●
<i>Pteridium aquilinum</i>	●	●	●
<i>Iris foetidissima</i>	●	●	●
<i>Quercus robur</i>	●	●	●
<i>Phytolacca americana</i>	●	●	●
<i>Asplenium billotii</i>		●	●
<i>Castanea sp.</i>		●	●
<i>Crataegus monogyna</i>	●	●	●
<i>Daphne gnidium</i>			●
<i>Davallia canariensis</i>	●	●	●
<i>Digitalis purpurea</i>		●	
<i>Dryopteris affinis</i>	●		
<i>Frangula alnus</i>		●	●
<i>Lonicera periclymenum</i>	●	●	●
<i>Pinus pinaster</i>	●	●	●
<i>Pinus pinea</i>	●	●	●
<i>Polypodium cambricum</i>	●	●	●
<i>Polystichum setiferum</i>	●		
<i>Prunus spinosa</i>		●	
<i>Pyrus cordata</i>		●	
<i>Quercus pyrenaica</i>		●	●
<i>Rosa pouzinii</i>		●	
<i>Rubia peregrina</i>	●	●	
<i>Rubus ulmifolius</i>	●	●	●
<i>Ruscus aculeatus</i>	●		●
<i>Salix atrocinerea</i>	●	●	●
<i>Sambucus nigra</i>	●	●	●
<i>Solanum dulcamara</i>	●	●	●
<i>Solanum nigrum</i>	●	●	
<i>Tamus communis</i>	●		
<i>Teucrium scorodonia</i>	●	●	●

Elaboración propia a partir del trabajo de campo.

subarbustivo—, pero cabe interpretar que se trata de una formación mixta de características modestas. Tal y como han escrito Costa et al. (1998: 202), «no [se] debe imaginar un bosque continuo, denso e inalterado de laureles, extendiéndose sin interrupción de un extremo a otro de la [isla]». En este punto, cabe tener en cuenta que *Laurus nobilis* es una especie muy frecuente en las *carballeiras* gallego-portuguesas litorales encasillables en la asociación *Rusco-Quercetum roboris*, en particular en la subasociación *quercetosum suberis* (Amigo et al., 1998: 93; Costa et al., 1998: 125), en donde no es extraño que forme rodales monoespecíficos, y más en la tesitura que existen pocas *carballeiras* extensas. Cortegada parece aportar un ejemplo, ciertamente notable, dentro de esta tónica.

Interpretamos que el *louredo* de Cortegada constituye una rápida colonización del espacio por parte de *Laurus nobilis* a partir de los márgenes de campos en forma de setos (*sebes* en gallego), en los que aún hoy se encuentran los ejemplares más grandes y añejos, a veces incluso sobre antiguos muros (Figura 1), ya sea por zoocoria o por regeneración vegetativa —radicular o brotes de cepa—. Corroboramos, así pues, Costa et al. (1998: 202), Lamas & Rozas (2007: 5), Pérez Pintos (2009: 137), Ramil et al. (2012: 30) o Bernárdez et al. (2011: 37; 2015: 27) cuando han sostenido la misma explicación. Cabe no perder de vista que *Laurus nobilis* es una especie que ha sido ampliamente cultivada desde la antigüedad, por lo que frecuentemente se encuentra asociada a asentamientos humanos (Paül & Serrano, 2003; Rodríguez Sánchez & Arroyo, 2009). Resulta, por lo tanto, erróneo indicar que se trate de «un bosque relicto que ha llegado hasta nuestros días por la despoblación» (Alcalde et al., 1996: 18). Antes, al contrario, la isla de Cortegada ha estado profundamente antropizada, con la presencia de una aldea y la práctica totalidad del territorio cubierto de *agras* y tojales en producción durante el siglo XIX y buena parte del siglo XX, tal y como testimonian las fotografías históricas de la misma (Garrido, 2007; Lamas & Rozas, 2007; Agrelo & Paül, 2018). Todo ello pone en tela de juicio el carácter natural de las poblaciones de *Laurus nobilis*.

En este sentido, resulta exagerado justificar su filiación con la era terciaria, tal y como Rey (1993), González Rodríguez et al. (1995), Alcalde et al. (1996) o Niño (1997) han apuntado. Se ha llegado incluso a sostener que la formación es relicta al pervivir desde las condiciones climáticas, tropicales o subtropicales, previas a las glaciaciones cuaternarias. Estamos de acuerdo con que «esta vinculación carece de fundamento científico desde los puntos de vista bioclimático y florístico» (Ramil et al., 2012: 30).

Desde una perspectiva de la dinámica de la vegetación, resulta interesante comprobar *in situ* el carácter expansivo de *Laurus nobilis*, con miles de ejemplares muy jóvenes, cuya vigorosidad es constatable *in visu* en las Figuras 1 a 3, y que se produce incluso por debajo de masas dominadas por *Quercus robur*. La zoocoria por parte de la avifauna debe ser fundamental en este sentido. Así, *Laurus nobilis* puede considerarse como subespontánea, ya que coloniza lugares alejados de los pies plantados originales por medio de la dispersión realizada por pájaros (Rodríguez Sánchez & Arroyo, 2009).

También hay que tener en cuenta que existió hasta hace dos años un rebaño de *Capra aegagrus hircus*, y que se conoce la presencia hoy en día de ejemplares de *Sus scrofa* que cruzan nadando desde el continente, a pesar de las cacerías instigadas

por el sector marisquero, pues consumen los bivalvos; en la actualidad (verano de 2017) se estima su población en doce ejemplares. Cabras y jabalíes prefieren comer frutos de fagáceas a bayas y hojas de laurel. Así, la fauna contribuye a dificultar el crecimiento de nuevos *Quercus robur* o *Castanea* sp., y facilitar directa o indirectamente *Laurus nobilis*, menos palatable. Además de la presión ejercida sobre las plántulas, es destacable el consumo de semillas en la fase postdispersiva de la regeneración de los robledales, lo que llega a provocar la desaparición casi total de las bellotas, especialmente las que se concentran bajo las copas de los árboles (Pulido, 2002; Rodríguez Fernández & Vila, 2013). Ello provoca en el largo plazo la eliminación del banco de semillas del suelo, lo que favorece nuevamente la implantación de un regenerado denso de plántulas de laurel bajo las copas de los robles.

Laurus nobilis es un árbol que difícilmente se hace muy grande y cae con facilidad (Figura 1), de modo que es minoritaria la superficie en la que domina el estrato superior, aunque está por ver de qué manera evolucionará la formación. De hecho, Lamas & Rozas (2007) estiman que los ejemplares más antiguos de esta especie son de poco más de 60 años. Por todo lo dicho, concordamos con Pérez Pintos (2009: 137) cuando afirma, refiriéndose a este preciso lugar, que «el roble parece que ni siquiera ha presentado batalla». En el momento presente el número de pies de laurel es mayor que el de *carballo*, en especial si se considera la masiva extensión de laureles de 1-2 m de altura; sin embargo, adolecemos de información por la ausencia de situaciones que nos permitan detectar con seguridad la dirección de la dinámica de esas dos especies arbóreas. Las características ecológicas del laurel, como árbol de fondos de barranco y de lugares umbrosos y media sombra, nos abren infinitud de posibilidades en la dinámica de Cortegada, en especial en las relaciones de competencia con el *carballo*.

Entre la literatura que se ha escrito acerca del *louredo* de Cortegada cabe evocar aquella que lo ha pretendido relacionar con las actuales laurisilvas macaronésicas. Así, en su día Rey (1993) propuso su filiación con Azores y Canarias, lo que fue reiterado por Alcalde et al. (1996: 19). Estos últimos autores añadieron que la principal diferencia radicaría en la especie dominante: en nuestra isla, *Laurus nobilis*; en los otros casos, *L. azorica* y *L. novocanariensis*. Niño (1997: 94) aseveró al respecto que «[s]e ha dudado de su espontaneidad [de *Laurus nobilis*] en Galicia dado su carácter de especie de la laurisilva. Hoy esto no se cuestiona». De hecho, en un trabajo reciente, Rodríguez Guitián et al. (2007: 39) recogen cómo determinados autores «parecen indicar que los laureles cantábricos {¿y atlánticos?} son genéticamente más afines a *Laurus azorica* (Seub.) Franco, taxón de distribución macaronésica, que a *Laurus nobilis*».

Por la experiencia de uno de los autores de esta contribución en los auténticos paisajes de la laurisilva,² podemos afirmar que el laurel de Cortegada es indudablemente *Laurus nobilis*. Asimismo, ni en términos fisionómicos, ni por supuesto fitosociológicos, nada tiene que ver la formación trabajada con la Macaronesia. De hecho, resulta irónico constatar cómo la investigación actual sobre las verdaderas laurisilvas canarias está poniendo de manifiesto cómo su expansión y estructura son muy recientes, pues se localizan en entornos intensamente

² En particular, los canarios; véanse, entre otros trabajos, Arozena & Panareda (2013) y Arozena et al. (2017).

antropizados hasta hace poco (Arozena & Panareda, 2013; Arozena et al., 2017). Operan, así pues, mitos potentes sobre la antigüedad –historia geológica e historia humana– de la laurisilva canaria, que también se han dado en el caso del *louredo* de Cortegada, para el que, además, se han querido establecer vínculos con la primera; este parentesco debe ser calificado, asimismo, como una suerte de mito fitogeográfico. A todo lo dicho, cabe añadir Ramil et al. (2012: 30) cuando afirman que «el laurel europeo (*Laurus nobilis*) no forma parte de [las laurisilvas] en ningún lugar del [m]undo». Cortegada, por relevante que sea, difícilmente puede constituir una excepción a escala planetaria.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos exigen reflexionar en términos de conservación y gestión. Ante todo, cabe tener en cuenta que la legislación aplicable para los parques nacionales, y por lo tanto para el PNIAG, establece que estos se definen, entre otras características, como espacios «poco transformados por la explotación o actividad humana» (art. 4 de la Ley 30/2014, actualmente vigente). Más allá de la evidencia de que se trata de una fórmula inapropiada para nuestra realidad de estudio, no cabe duda de que la misma condiciona el modelo ordenador y gestor de la isla. La concreción normativa figura en el PORN de Cortegada, aprobado en 2002, en particular en sus disposiciones normativas, cuando se definen el estado de conservación y los valores naturales presentes:

«La existencia de este bosque de laurel, que representa [la] laurisilva que se supone abundaba en la Galicia costera en la Era Terciaria, cuando el clima era más cálido que el actual[,], obliga legalmente al estado español y a la Comunidad Autónoma de Galicia a mantener en un estado de conservación favorable estos hábitats naturales a causa de su carácter relictico.» (Xunta de Galicia, 2002: 98-99).

Se infiere de esta cita que la Xunta participa de los mitos indicados en la discusión de este artículo; asimismo, sitúa la conservación del lauredal por encima de todo, dado su supuesto carácter relictico. En esta línea, podemos enmarcar actuaciones como la reciente tala de *Eucalyptus globulus* adyacentes al lauredal o el control de *Sus scrofa*, aunque en este caso, como ya se ha dicho, la industria marisquera también ha presionado. Asimismo, la Ley 30/2014 estipula que «[l]a declaración de un parque nacional tiene por objeto conservar la integridad de sus valores naturales y sus paisajes y, supeditado a ello, el uso y disfrute social a todas las personas» (art. 5), lo que se está aplicando en nuestro caso de estudio, pues no se permite el acceso al *louredo* al público en general. No obstante, resulta curioso que el propio PNIAG, el ente público autonómico Turismo de Galicia y los operadores asociados al espacio protegido lo estén utilizando masivamente como recurso para captar demanda (Agrelo & Paül, 2018).

Nos parece que a corto o medio plazo *Laurus nobilis* seguirá mostrando una dinámica positiva, ya sea por su capacidad expansiva o por los problemas que presentan las fagáceas para germinar y crecer a causa de la fauna. Sin embargo, tarde o temprano, nuestra hipótesis es que *Quercus robur* «present[e] batalla» (Pérez

Pintos, 2009: 137), pues creemos que *Laurus nobilis* en su dominio actual está actuando como un estadio serial en el seno de la asociación *Rusco-Quercetum roboris*. A pesar de lo difícil que es modelizar la competencia entre laurel y roble, parece que los troncos del primero caen mucho más y es cuestión de tiempo que el segundo tenga éxito y, como ya sucede donde domina (Figura 3), crezca más que el laurel y dificulte su actual preponderancia puntual absoluta y pluriestratal. La normativa actual estipula que el *louredo* se debe conservar: ¿actuará entonces la administración para evitar la dinámica natural del bosque?

De hecho, el PORN indica en su parte normativa que en los lauredales existe una «interesantísima comunidad de hongos, con más de 45 especies únicas en Galicia» (Xunta de Galicia, 2002: 99). Desconocemos si dichos hongos se encuentran en suelos sin *Laurus nobilis* y si les afectaría un eventual incremento de otros árboles; en todo caso, de la literalidad de esta disposición se puede inferir que tal vez se plantee en el futuro favorecer al laurel. Todo ello resulta altamente irónico, teniendo en cuenta cuál es el origen de la formación estudiada. Pero no es extraño que el discurso conservacionista emerja con enorme fuerza, consenso académico y/o presión mediática en casos de comunidades mucho más influenciadas por el ser humano de lo que una lectura superficial permite intuir, tal y como sucede de nuevo irónicamente en la laurisilva vinculada, mito mediante, a Cortegada (Arozena et al., 2017). En definitiva, apostamos por revisar el PORN existente y por dotar a la isla de una gestión activa y participada, que no pierda de vista que su paisaje ha sido secularmente moldeado por una comunidad humana que fue expulsada de la misma. En la actualidad, dicha comunidad pervive en parte en Carril, villa que se sitúa en la ribera continental justo enfrente, y que, dicho sea de paso, fue quien más luchó para que se conservase ante amenazas especulativas de distinto signo, lo que a la postre condujo a su inclusión en el PNIAG.

5. REFERENCIAS

AGRELO, M. & PAÜL, V. 2018: “Cortegada, Parque Nacional das Illas Atlánticas de Galicia: entre «laurisilva relict» e «isla extirpada»”, en Molinero, F. & Tort, J. (coords.): *Paisajes patrimoniales de España. Valor y significado del patrimonio territorial español*. Madrid, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, v. II, pp. 700-713.

ALCALDE, J. A., DOCAMPO, F., REY, X. L., REY, C. & RODRÍGUEZ POMARES, Á. 1996: *Espacios naturales de Galicia. 2. Provincia de Pontevedra*. A Coruña, Bahía, 135 pp.

AMIGO, J., IZCO, J., GUTIÁN, J. & ROMERO, M. I. 1998: “Reinterpretación del robledal termófilo galaico-portugués *Rusco aculeati-Quercetum roboris*”. *Lazaroa*, 19:85-98.

AROZENA, M. E. & MOLINA, P. 2000: “Estructura de la vegetación”, en Meaza, G. (ed.): *Metodología y práctica de la Biogeografía*. Barcelona, Serbal, pp. 77-147.

AROZENA, M. E. & PANAREDA, J. M. (2013): “Forest Transition and Biogeographic Meaning of the Current Laurel Forest Landscape in Canary Islands,

Spain”. *Physical Geography*, 34(3):211-235.

AROZENA, M. E., PANAREDA, J. M. & MARTÍN, V. M. 2017: *Los paisajes de la laurisilva canaria*. Santa Cruz de Tenerife, Kinnamon, 187 pp.

BERNÁRDEZ, J. G., ACEDO, C., MOURIÑO, J., LENCE, C. & RIGUEIRO, A. 2015: *Catálogo florístico del Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia*. Gijón, Ayuntamiento de Gijón/Jardín Botánico Atlántico, 298 pp.

BERNÁRDEZ, J. G., BLANCO-DIOS, J. B., MOURIÑO, J. & RIGUEIRO, A. 2011: *Flora y vegetación del Archipiélago de Cortegada (Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia)*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 434 pp.

BUENO, A. & FERNÁNDEZ PRIETO, J. A. 1991: “Acebuchales y lauredales de la costa cantábrica”. *Lazaroa*, 12:273-701.

COSTA, M., MORLA, C. & SAINZ, H. 1998: *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Barcelona, Planeta, 597 pp.

FERNÁNDEZ DE LA CIGONA, E. 1991: *Illas de Galicia. Cíes, Ons, Sálvora, Tambo, San Simón e Cortegada*. Vigo, Xerais, 229 pp.

GARRIDO, D. 2007: *Cortegada: una isla real*. Pontevedra, Servizo de Publicacións da Deputación de Pontevedra, 182 pp.

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, I., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, R., SALVADORES, R. 1995: *Guía de espacios naturais de Galicia*. Vigo, Galaxia, 250 pp.

LAMAS, S. & ROZAS, V. 2007: “Crecimiento radial de las principales especies arbóreas de la isla de Cortegada (Parque Nacional de las Islas Atlánticas) en relación con la historia y el clima”. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 16(1):3-14.

NIÑO, H. 1997: *Guía das árbores de Galicia*. A Coruña, Bahía, 240 pp.

PAÜL, V. & SERRANO, D. 2003: “Interpretación de los lauredales de la Serralada Litoral (Catalunya). Propuesta de caracterización y contribución a su conocimiento”, en Arozena, M. E., Beltrán, E. & Dorta, P. (eds.): *La biogeografía: ciencia geográfica y ciencia biológica*. La Laguna, Universidad de La Laguna, pp. 87-104.

PÉREZ PINTOS, X. 2009: *Historia contemporánea da destrución da natureza en Galiza*. Vigo, A Nosa Terra, 140 pp.

PULIDO, J. 2002. “Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de robles (*Quercus* spp.)”. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75:5-15.

RAMIL, P., MUÑOZ SOBRINO, C., GÓMEZ-ORELLANA, L., RODRÍGUEZ GUTIÁN, M. A. & FERREIRO, J. 2012: “Configuración y transformación del paisaje del NW ibérico durante el final de los tiempos glaciares, el Holoceno y el Antropoceno”. *Recursos Rurais Serie Cursos*, 6:19-62.

REY, X. L. 1993: “La laurisilva de la isla gallega de Cortegada, amenazada por un gran proyecto urbanístico”. *Quercus. Revista de observación, estudio y defensa de la naturaleza*, 90:36-37.

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J.A. & VILA, P. 2013: “Influencia de la fauna en la regeneración natural de masas de *Quercus robur* L. en Galicia”, en VV.AA. 6º Congreso Forestal Español. <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/>

congresos_forestales/article/view/14513. Consulta 15 de octubre de 2017.

RODRÍGUEZ GUITIÁN, M. A., ROMERO, R. & RAMIL, P. 2007: “Caracterización ecológica y florística de las comunidades lauroides del occidente de la Cornisa Cantábrica (Noroste ibérico)”. *Lazaroa*, 28: 35-65.

RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, F. & ARROYO, J. 2009. 5230. *Matorrales ombrófilos arborescentes con Laurus nobilis* (*), en VV.AA. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 59 pp. http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/5230_tcm7-24129.pdf. Consulta 15 de octubre de 2017.

ROZAS, V. et al. 2005: “Estudio estructural de la población de laurel (*Laurus nobilis*) de la Isla de Cortegada en el Parque Nacional das Illas Atlánticas”, en VV.AA. *IV Congreso Forestal Español*. <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/7089/7012>. Consulta 10 de octubre de 2017.

VILAS, A. et al. 2014: *Guía de visita · Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia*. Madrid, Organismo Autónomo Parques Nacionales, 310 pp.

XUNTA DE GALICIA 2002: *Plan de Ordenación dos Recursos Naturais da Illa de Cortegada*. [s.l.], [s.n.], 119 pp. http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/islas-atlanticas/decreto88_2002_tcm7-247586.pdf. Consulta 15 de octubre de 2017.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO ESPACIAL DE LAS PÉRDIDAS EN LA OCUPACIÓN DE LAS FORMACIONES ADEHESADAS EN SIERRA MORENA (1956-2007)

Eva B. Rodríguez Pérez¹, José R. Martínez Batlle², Rafael Cámara Artiga³ y Rocío Silva Pérez⁴

^{1, 3, 4} *Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Sevilla*

² *Facultad de Geografía, Universidad Autónoma de Santo Domingo*

¹ *rodriguezperez.eva@gmail.com*, ² *joseramon@geografiasica.org*, ³ *rcamara@us.es*,

⁴ *rsilva@us.es*

RESUMEN:

Este trabajo presenta el análisis y modelización de la pérdida de formaciones adehesadas en Sierra Morena durante la segunda mitad del siglo XX. Metodológicamente, el análisis se aborda mediante un análisis de matrices de transición, con el que se estudian los cambios en la ocupación de las formaciones adehesadas durante el periodo general 1956-2007 y en diferentes intervalos intermedios, seguido de un análisis de regresión espacial aplicado sobre las pérdidas del intervalo más reciente (1984-2007). Como resultado se exponen varios modelos de regresión espacial con los que se relaciona territorialmente la distribución de las pérdidas identificadas, los cuales han sido seleccionados por incorporar tanto el efecto de la autocorrelación espacial como el efecto ponderador de la población municipal a la varianza explicada por los modelos.

Palabras clave: sistemas agroforestales, cambios, dinámicas, modelos de regresión espacial

ABSTRACT (Spatial analysis of land-cover losses in agroforestry systems in Sierra Morena (1956-2007)):

This contribution presents the analysis and modeling of land-cover loss in *debesas* agroforestry systems in Sierra Morena Mountains during the second half of the 20th century. The methodology consists in analyzing transition matrices for both the general period 1956-2007 and different intervals, and performing a spatial regression analysis at the most recent interval (1984-2007). As a result, we

present several spatial regression models of the losses in *dehesas* agroforestry systems that have been selected because of their autoregressive and weighted approaches.

Keywords: agroforestry systems, land-cover changes, dynamics, spatial regression models

1. INTRODUCCIÓN

Especialmente durante los últimos 50 años, se considera que los cambios en la ocupación del suelo son uno de los principales impulsores directos de los cambios en los servicios de los ecosistemas terrestres (MEA, 2005). Las prácticas agrarias son responsables de los principales cambios que se producen en la cubierta del suelo, especialmente asociadas a procesos de intensificación y de abandono durante las dos últimas décadas (Rubio et al., 2014). Ambos procesos comportan amenazas que socioeconómica y ambientalmente comprometen la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agroforestales de Europa y de la Europa mediterránea en particular (Pinto & Vos, 2004; Fagerholm et al., 2016), como es el caso de la dehesa.

Las dehesas son uno de los Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural más extendidos en Europa y la tipificación de las dehesas perennifolias de *Quercus* como Hábitat de Interés Comunitario (Directiva 92/43/CEE) refleja su valor para la conservación de la diversidad biológica mediterránea (Pulido & Picardo, 2010). En el transcurso de estos últimos cincuenta años, las representaciones y valoraciones de este sistema han trascendido desde la visión pauperizadora hasta su exaltación naturalística postmoderna (Silva, 2011). Todo ello en un marco de progresiva complejidad multifuncional, en el que ni las explotaciones de dehesa ni su expresión territorial a través de las formaciones adehesadas han permanecido inmóviles.

En esta comunicación se presenta un avance del procedimiento analítico y los resultados de la investigación de tesis doctoral de la autora principal —dirigida por los autores que acompañan—, donde el objetivo general es analizar y modelizar los cambios en la distribución territorial de las formaciones adehesadas en Sierra Morena, desde su escala regional y durante la segunda mitad del siglo XX.

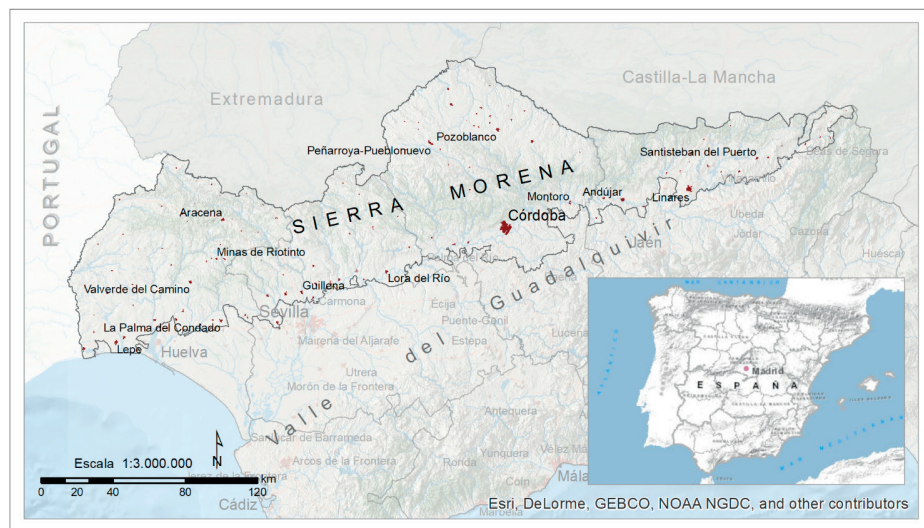
2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El análisis se realiza sobre las formaciones adehesadas de Quercíneas de Sierra Morena, en la Comunidad Autónoma de Andalucía (Mapa 1). Al amparo de las amplias fluctuaciones estacionales y anuales del clima mediterráneo, las Quercíneas componen el principal grupo de especies forestales de la provincia biogeográfica Luso-Extremadurensis en la que se incluye Sierra Morena, según la clasificación de Rivas-Martínez, y también el grupo de formaciones adehesadas más representativo de la Península Ibérica y de Andalucía.

El conjunto de términos municipales que conforman el límite meridional del área de estudio incorporan la transición entre la banda serrana que domina el norte del territorio andaluz y el gran ámbito central definido por las campiñas y vegas del Guadalquivir. Se produce un salto cualitativo entre provincias biogeográficas; entre la naturaleza silíceo de la Sierra, donde predominan suelos menos aptos para la agricultura y con clara vocación forestal, y la mejor capacidad agrológica de los suelos de la Depresión Bética; de una red de poblamiento caracterizada por una baja densidad humana y escasas redes de pequeños núcleos, comunicados por una red viaria bastante secundaria, a una red de poblamiento más denso y concentrado, como la que delimita meridionalmente el área de estudio.

Mapa 1. Área de estudio: Sierra Morena, Comunidad Autónoma de Andalucía



Elaboración propia. Fuente: Datos Espaciales de Referencia para escalas intermedias (DERA) y Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).

2.2. FUENTES

Junto a la revisión de fuentes documentales secundarias, en este trabajo son especialmente importantes las fuentes cartográficas, así como las fuentes estadísticas.

La cartografía de formaciones adehesadas se ha obtenido a partir de la serie 1:25.000 del *Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del suelo de Andalucía* (MUCVA), actualmente la única fuente que posibilita abordar el análisis diacrónico planteado y en los distintos intervalos en los que se lleva a cabo. La fracción de cabida cubierta (fcc) de las formaciones fotointerpretadas por esta fuente cartográfica es entre 5-50%, la mayor parte de las consideradas por la actual Ley 7/2010 para la Dehesa de Andalucía, con entre 5-75% de fcc.

La información de las variables independientes procede, por una parte, de dos infraestructuras públicas encargadas de la generación y difusión de información geográfica para el territorio andaluz: la Infraestructura de Datos Espaciales

de Andalucía (IDEAndalucía) y la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Por otra, del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA).

2.3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del análisis, la cartografía se ha transformado del formato vectorial al ráster, con una resolución espacial de 100x100 m. Los softwares empleados han sido: el módulo *Land Change Modeler* de IDRISI para el análisis basado en las matrices de transición y el Programa R para el análisis estadístico espacial.

2.3.1. Metodología para el análisis de las matrices de transición

El análisis de los cambios en la distribución de las formaciones adehesadas está basado en el análisis de las matrices de transición (también llamadas matrices de tabulación cruzada, matrices de cambios) que resultan de cruzar los MUCVA 1:25.000 de la extensión temporal 1956-2007 y en los intervalos: 1956-1984 y 1984-2007. El análisis sigue la metodología desarrollada por Pontius et al. (2004) y Pontius & Santacruz (2014), entre otros. Se trata de un proceso metodológico alternativo al del tradicional análisis de las matrices de cambios, el cual permite profundizar en mayor medida en los resultados alcanzados.

2.3.2. Modelización de los cambios

Para la modelización de los cambios, la técnica seleccionada es el análisis de regresión espacial, con un nivel de significación $\alpha=0,05$. Se trata de un análisis de datos areales, donde el conjunto de observaciones lo compone la malla de polígonos que conforman los términos municipales del área de estudio:

- La variable dependiente del análisis es el 'Porcentaje de formaciones adehesadas perdidas respecto del t1 por término municipal' (PPER8407).
- Las variables independientes, seleccionadas en base a la literatura científica y al criterio experto, se agrupan en 6 constructos de referencia: medio físico, agua, clima, espacios naturales protegidos, asentamientos/viario y demografía.

Generalmente, los análisis espaciales parten de un modelo de regresión no espacial —regresión lineal— sobre el que se avanza con la aplicación de modelos espaciales en función a la existencia o no de efectos espaciales en el primero (Wang et al. 2016). Siguiendo el procedimiento para la modelización de datos areales descrito por Bivand et al. (2013:266-298), al análisis espacial le precede la definición de una matriz de pesos espaciales. La matriz de vecindad a partir de la que se genera esta matriz de pesos espaciales se ha basado en el modelo de contigüidad tipo reina, seleccionada porque el criterio de contigüidad poligonal está entre los más utilizados en los análisis de cambios en la ocupación del suelo y por la mayor flexibilidad de la matriz tipo reina (Wang et al. 2016).

A efectos de esta comunicación, el tratamiento de la autocorrelación espacial conlleva: la evaluación de autocorrelación espacial global en la variable dependiente, según el test global de I de Moran; y en la aplicación de modelos Simultáneos

Autorregresivos (SAR) cuando el estadístico de I de Moran, aplicado sobre los residuos de los modelos lineales de partida, identifica la presencia de dependencia espacial.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS Y LAS PERSISTENCIAS EN LA OCUPACIÓN DE LAS FORMACIONES ADEHESADAS

En el balance del periodo general 1956-2007, como también en los intervalos intermedios, la persistencia predomina sobre los cambios (Tabla 1). Lo que coincide con el comportamiento habitual de los cambios en la ocupación del suelo (Pontius et al., 2004). Luego, la mayor parte de la superficie ocupada por formaciones adehesadas en el tiempo 1, lo sigue estando en el tiempo 2.

La pérdida define a la superficie ocupada por formaciones adehesadas en el tiempo 1 y por una ocupación distinta en el tiempo 2. A la inversa, la ganancia. En la observación del periodo general, pérdidas (24%) y ganancias (12,5%) están descompensadas. Sin embargo, esta descompensación no es constante a nivel de los intervalos. Con un porcentaje de pérdidas similar en ambos intervalos (18,5% aprox.), destaca el descenso (de 17,5 a 7,5%) que se produce en las ganancias del segundo, entre 1984-2007.

La lectura conjunta de los cambios (pérdidas y ganancias) permite reconocer distintas dinámicas en el territorio. La diferencia en cantidad entre las formaciones adehesadas al inicio (t1) y al final (t2) de cada intervalo es un parámetro que señala el cambio neto en esta superficie. En todos los casos, se trata de una pérdida neta constante, especialmente acentuada en el segundo intervalo (-10,93%). En contraste con el parámetro anterior, la diferencia en distribución está directamente relacionada con la espacialidad de los cambios. Este parámetro informa acerca de la compensación entre las unidades de superficie perdida y las de superficie ganada por las formaciones adehesadas. Espacialmente se interpretaría como un intercambio o cambio de localización dentro del área de estudio, sin conllevar una diferencia en cantidad.

Para concluir este epígrafe, el valor absoluto de la diferencia en cantidad y el valor de la diferencia en distribución suman la diferencia total. Si se observa este parámetro conjuntamente con los dos anteriores, se observa que mientras en el primer intervalo la mayor parte del cambio corresponde a cambios en su distribución, es solo durante el segundo cuando se produce un importante descenso cuantitativo en las formaciones adehesadas.

Tabla 1. Cambios expresados como porcentaje respecto de la superficie de formaciones adehesadas en el tiempo 1 de cada periodo en el área de estudio.

t1	t2	Persistencia	Pérdida	Ganancia	Diferencia		
					en cantidad	en distribución	total
1956	2007	75.86	24.14	12.35	-11.79	24.70	36.49
1956	1984	81.64	18.36	17.41	-0.96	34.81	35.77
1984	2007	81.46	18.54	7.61	-10.93	15.21	26.15

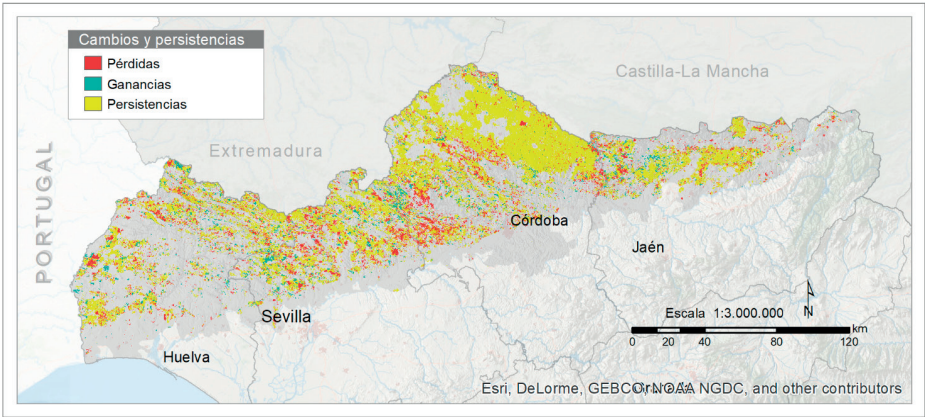
Elaboración propia.

Tabla 2. Tasas anuales de cambio en la ocupación de las formaciones adehesadas para cada periodo en el área de estudio.

t1	t2	Total (años)	Tasas anuales de la Diferencia		
			en cantidad	en distribución	total
1956	2007	51	-0.23	0.48	0.72
1956	1984	28	-0.03	1.24	1.28
1984	2007	23	-0.48	0.66	1.14

Elaboración propia.

Mapa 2. Ganancias, pérdidas y persistencias de formaciones adehesadas en el intervalo 1984-2007.



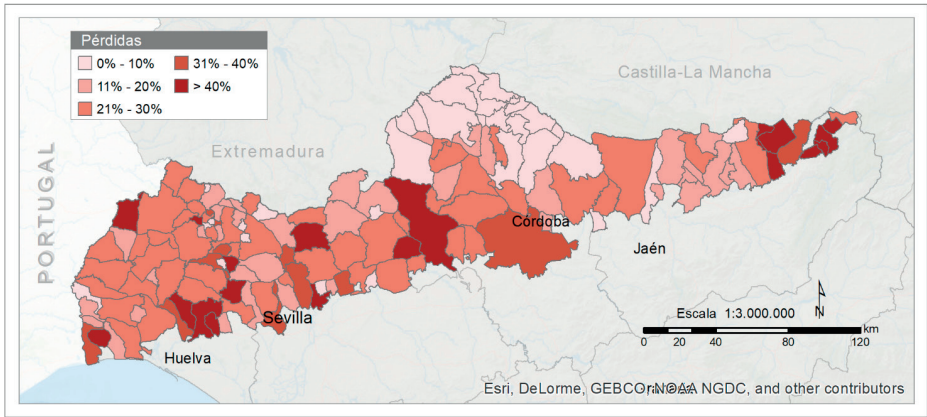
Elaboración propia.

Las tasas anuales de cambio confirman esta diferencia entre los intervalos (Tabla 2) y ponen de manifiesto que, si bien se produce un descenso generalizado en la superficie ocupada por la dehesa durante la segunda mitad del siglo XX, periodo que engloba la quiebra desarrollista de la dehesa tradicional (Silva, 2010), es a partir de la década de los ochenta cuando se produce una pérdida real o neta de la superficie adehesada. Dinámica contraria a la necesaria para el mantenimiento de la biodiversidad de este hábitat y de la diversidad biológica mediterránea, que exigen el mantenimiento de la superficie de dehesa, además de la conservación de sus formas extensivas y multifuncionales de manejo (Pulido & Picardo, 2010).

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO ESPACIAL

La modelización persigue estudiar las relaciones —no las causas, un error común en la interpretación de los resultados de correlaciones— entre las pérdidas del intervalo 1984-2007 y los distintos factores territoriales en interacción con las formaciones adehesadas. El Mapa 3 muestra la distribución de la variable dependiente (PPER8407), en cuya modelización se han utilizado varias técnicas dirigidas a conseguir una mejor bondad de ajuste en los modelos:

Mapa 3. Porcentaje de formaciones adehesadas perdidas por término municipal en el intervalo 1984-2007.



Elaboración propia.

- La primera es la utilización de dos matrices de pesos diferentes: W y B (manteniendo la designación utilizada por la función `nb2listw` del paquete `spdep` en R). Seleccionado el criterio de contigüidad poligonal, existen varias formas de otorgar los pesos a los polígonos, de las que va a depender en gran medida la identificación de autocorrelación espacial en nuestros datos (Fisher & Getis, 2010:272). Fundamentalmente, la matriz W favorece las observaciones con pocos vecinos, mientras que la matriz B lo hace con las que tienen muchos (Bivand et al., 2013:279). La hipótesis nula del test de I de Moran es que 'No hay autocorrelación', por lo que un p -valor inferior al valor de alfa (0,05) conllevaría al rechazo de esta hipótesis. En el caso de la variable dependiente `PPER8407`, ambas matrices identifican significativamente la presencia de autocorrelación espacial global (Tabla 3). En lo que respecta a los modelos lineales de partida, cabe señalar que incorporan la autocorrelación espacial de distinta forma. Para estudiar el supuesto de independencia espacial en los residuos de estos modelos, el estadístico más utilizado es también I de Moran (Tabla 3). Se puede ver que mientras en el primer modelo se incumple este supuesto con cualquiera de las dos matrices utilizadas (p -valor < 0,05), en el segundo el resultado varía en función de la matriz empleada.
- La segunda técnica utilizada es la transformación logarítmica de las variables, con la intención de adecuar la distribución de los datos al mejor cumplimiento de los supuestos estadísticos del análisis y ampliar su potencial relacional (Hamilton, 1992:17-23). De este modo, el análisis se realiza: sobre las variables sin transformar (lineal-lineal), aplicando la transformación solo a la variable dependiente (log-lineal) y sobre las variables dependiente e independientes transformadas (log-log). El nombre de los modelos indica la transformación aplicada: *lili*, *loli* y *lolo*,

respectivamente. La principal observación a este respecto entre los modelos seleccionados (Tabla 4), es la disminución del error estándar residual (de 785,5 a 34) y el aumento de la varianza explicada (de 0,326 a 0,505) entre el modelo sin transformar (lineal-lineal) y el modelo procedente de las variables transformadas (log-log). Así como en mayores (mejores) valores de *log-likelihood* (de -612 a -154) en los SAR.

Tabla 3. Evaluación de autocorrelación espacial en la variable dependiente y en los residuos de los modelos lineales de partida:

	Matriz de pesos	Moran I observado	Moran I esperado	Varianza	p-value
PPER8407	W	0,296	-0,007	0,003	1,944e-08
	B	0,227	-0,007	0,003	2,625e-06
Residuos de lili.p7	W	0,166	-0,015	0,003	0,0005
	B	0,143	-0,148	0,003	0,001
Residuos de lolo.p7	W	0,046	-0,026	0,003	0,089
	B	0,070	-0,026	0,002	0,026

Elaboración propia.

- Siguiendo el ejemplo de Bivand et al. (2013), la tercera y última técnica utilizada es la ponderación de los modelos de regresión lineal, en este caso, en base a la población municipal en el tiempo 2 (año 2007). El análisis se realiza sobre los modelos sin ponderar y sobre su versión ponderada, que tiene en cuenta la heterogénea distribución de la población entre los términos municipales del área de estudio. También en este caso, el nombre de los modelos indica si se trata de un modelo ponderado (*p7*). El hecho de que los dos modelos seleccionados (*lili.p7* y *lolo.p2*) pertenezcan al conjunto de los ponderados no es deliberado, sino resultado de que todos los modelos estadísticamente aceptables que se obtuvieron (con cumplimiento de supuestos estadísticos) pertenecen a este grupo.

La elección de más de un modelo responde al hecho de que las relaciones reflejadas no son contradictorias. El segundo modelo reafirma las del primero y añade otras nuevas (Tabla 4). Bajo la misma hipótesis nula que el test de I de Moran, el coeficiente autorregresivo *lambda* (λ) indica que los SAR eliminan significativamente (p -valor > 0,05) la autocorrelación espacial residual de los modelos lineales de partida (Tabla 4).

Las variables independientes de los modelos seleccionados forman parte de los constructos medio físico, clima y asentamientos/viario. Destaca el sentido predominante positivo de todas las relaciones en ambos modelos, a excepción de PAREAPLU. Esto significa que, dentro del área de estudio, existe una relación inversa entre los municipios con mayores pérdidas y aquellos con mayor superficie de litología granítica. Coherente con la amplia extensión de formaciones adhesadas que persisten en la penillanura del Batolito de los Pedroches, en el noreste de la provincia de Córdoba (Mapa 2).

Tabla 4. Modelos seleccionados.

<i>lili.p7</i>			<i>lolo.p7</i>		
<i>Variables</i>	<i>LM</i>	<i>SAR (B)</i>	<i>Variables</i>	<i>LM</i>	<i>SAR (B)</i>
Intercepto	15,487 ^a	12,144 ^a	Intercepto	-9,227 ^a	8,568 ^a
	(3,187)	(3,692)		(2,663)	(3,015)
PAREAPLU	-0,262 ^a	-0,270 ^a	PAREAPLU	-0,145 ^a	0,147 ^a
	(0,054)	(0,063)		(0,036)	(0,037)
PAREVEG	0,347 ^a	0,410 ^a	MET84	0,159 ^a	0,159 ^a
	(0,088)	(0,096)		(0,050)	(0,049)
PENMU	0,614 ^a	0,769 ^a	PAREVEG	0,251 ^a	0,253 ^a
	(0,232)	(0,271)		(0,036)	(0,037)
DVPFA07	7,979 ^b	11,706 ^a	PENMU	0,637 ^a	0,641 ^a
	(3,431)	(3,243)		(0,137)	(0,142)
			DVPFA07	0,623 ^b	0,708 ^a
				(0,241)	(0,233)
			TAMIN71	1,497 ^a	1,389 ^b
				(0,539)	(0,582)
			PAMED71	0,969 ^a	0,903 ^b
				(0,331)	(0,373)
<i>R² Ajustado</i>	0,326 ^a	-	<i>R² Ajustado</i>	0,499 ^a	-
<i>RSE</i>	785,5	-	<i>RSE</i>	34,07	-
λ	-	0,056 ^b	λ	-	0,028 ^a
		(0,019)			(0,239)
<i>Log likelihood</i>	-	-612,266	<i>Log likelihood</i>	-	-155,407
<i>Pseudo-R²</i>	-	0,375	<i>Pseudo-R²</i>	-	0,528

^a coeficiente significativo al nivel del 1%. ^b coeficiente significativo al nivel del 5%. ^c coeficiente significativo al nivel del 10%. Los valores de error estándar están entre paréntesis. Elaboración propia.

Por el contrario, los modelos señalan que territorialmente estos municipios coinciden con los que presentan una mayor superficie sobre vegas y terrazas (PAREVEG), como los que limitan con la campiña; así como con municipios localizados en terrenos de mayores pendientes (PENMU); municipios con mayor densidad de vías pecuarias en las áreas de dehesa al final del intervalo (DVPFA07); municipios con temperaturas mínimas más suaves (TAMIN71) o los municipios con las precipitaciones medias anuales más elevadas (PAMED71). Las relaciones definidas por estas cuatro últimas variables son también las más fuertes, en base a la magnitud de sus coeficientes.

4. CONCLUSIONES

A modo de conclusiones preliminares, se extrae que los parámetros utilizados para analizar las matrices de cambios permiten interpretar y localizar territorialmente distintas dinámicas espacio-temporales en las formaciones adehesadas, como han sido: los cambios en su distribución asociados fundamentalmente al intervalo 1956-1984 y una destacada pérdida neta de formaciones adehesadas en el intervalo 1984-2007. Así mismo, cabe destacar que esta pérdida neta no es debida al aumento de la superficie perdida en este intervalo con respecto al anterior tanto como al descenso que se produce de las ganancias.

Por su parte, el análisis de regresión espacial contribuye a informar y contextualizar territorialmente los cambios: bien confirmando relaciones aparentemente visibles en la cartografía, bien aportando información sobre otras relaciones que, por la complejidad de su distribución en el territorio, difícilmente podrían advertirse. Procede avanzar descifrando el sentido territorial de estas relaciones en el contexto de las dinámicas socioeconómicas que han dirigido y dirigen los cambios en estos sistemas.

5. REFERENCIAS

- BIVAND, R. S., PEBESMA, E. J., GOMEZ-RUBIO, V. & PEBESMA, E. J. 2008: *Applied spatial data analysis with R*. Springer New York, 405 p.
- FAGERHOLM, N., TORRALBA, M., BURGESS, P. J. & PLIENINGER, T. 2016: "A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry". *Ecological Indicators*, 62:47-65.
- FISCHER, M. M. & GETIS, A. (eds.) 2009: *Handbook of applied spatial analysis: software tools, methods and applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 811 p.
- HAMILTON, L. C. 1992: *Regression with graphics: A second course in applied statistics*. Belmont, Duxbury press, p. 363.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment 2005: *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington DC, Island Press.
- PINTO-CORREIA, T. & VOS, W. 2004: "Multifunctionality in Mediterranean landscapes—past and future", en R. Jongman (ed.): *The new dimensions of the European landscape*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg pp. 135-164.
- PONTIUS JR, R. G. & SANTACRUZ, A. 2014: "Quantity, exchange, and shift components of difference in a square contingency table". *International Journal of Remote Sensing*, 35(21):7543-7554.
- PONTIUS, R. G., SHUSAS, E. & MCEACHERN, M. 2004: Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2):251-268.
- PULIDO, F. & PICARDO, A. (2010): *Libro Verde de la Dehesa*. http://www.eweb.unex.es/eweb/accionporladehesa/documentos/libro_verde_dehesa.pdf. Consulta 1 de diciembre de 2017.
- RUBIO-DELGADO, J., SCHNABEL, S., GÓMEZ-GUTIÉRREZ, Á. & BERENGUER, F. 2014: "Estimación de tasas de erosión históricas en dehesas utilizando raíces arbóreas expuestas y láser escáner terrestre". *Cuaternario y*

Geomorfología, 28(3-4):69-84.

SILVA PÉREZ, R. 2010: “La dehesa vista como paisaje cultural. Fisonomías, funcionalidades y dinámicas históricas”. *Ería*, 82:143-157.

SILVA PÉREZ, R. 2011: “La dehesa: de la pauperización desarrollista a la revalorización postmoderna”, en Molinero, F., Tort, J. & Ojeda, J. (eds.): *Los paisajes agrarios de España. Caracterización, evolución y tipificación*, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, pp. 479-497.

WANG, H., QIU, F. & RUAN, X. 2016: “Loss or gain: A spatial regression analysis of switching land conversions between agriculture and natural land”. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221:222-234.

REPRESENTACIÓN Y PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA EN LA RENPA, LA MAYOR RED ESPAÑOLA DE ESPACIOS PROTEGIDOS

David Rodríguez-Rodríguez^{1,2} y Javier Martínez-Vega¹

¹*Instituto de Economía, Geografía y Demografía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas*

²*European Topic Centre, Universidad de Málaga*

¹*david.rodriguez@csic.es; javier.martinez@cchs.csic.es, ²davidrr@uma.es*

RESUMEN:

El estudio analiza la representación y la protección legal y gestiona otorgada a 71 Hábitats de Interés Comunitario (HICs), 126 especies y subespecies de flora, fauna y hongos regionalmente amenazadas (ERAs), y 33 especies o subespecies globalmente amenazadas (EGAs) por una red de 404 espacios protegidos (EPs) en Andalucía (RENPA) utilizando datos censales y de distribución oficiales. La RENPA ocupa un tercio del territorio andaluz, incluyendo las zonas más ricas en biodiversidad amenazada, aunque deja fuera un 43% del área de distribución de las ERAs, el 19% del área de las EGAs y el 47% de la superficie de los HICs regionales. Las ERAs y, fundamentalmente, las EGAs, ocupan la mayor superficie relativa en Sitios Ramsar, aunque éstos son de relativamente poca importancia para los HICs. Los humedales y cultivos son los tipos de ecosistemas más representativos para ERAs y EGAs. Se identificaron ciento once Zonas de Alta Importancia para las Especies Amenazadas (ZAIEAs) y una Zona de Alta Importancia para la Biodiversidad Amenazada (ZAIBA).

Palabras clave: especies amenazadas; Hábitats de Interés Comunitario; usos del suelo; reservas; Andalucía

ABSTRACT (Representation and protection of threatened biodiversity in RENPA, the largest spanish network of protected spaces):

Representation and legal and managerial protection afforded to 71 Habitats of Community Interest (HCIs) and 126 regionally threatened flora, fauna and fungi species and sub-species (RTSs) and 33 globally threatened species or sub-species

(GTSs) by a network of 404 protected areas (PAs) in Andalusia (RENPA) was spatially assessed using official census data. The Andalusian PA network expands across one third of the region's territory. It includes the threatened biodiversity-rich areas, although it leaves out 43% of the area of occupancy of RTSs, 19% of the regional area of occupancy of GTSs, and 47% of the extent of HCIs. RTSs and, especially, GTSs occupy most relative area in Ramsar sites, although these are of relatively minor importance for threatened habitats. Wetlands and agricultural ecosystems are the most representative broad ecosystem types for RTSs and GTSs. One hundred and eleven unprotected Areas of High Importance for Threatened Species (AHITSs) and one Area of High Importance for Threatened Biodiversity (AHITB) were identified.

Keywords: endangered species; Habitats of Community Interest; land use; reserves; Andalusia

1. INTRODUCCIÓN

La Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA) es la red subregional de EPs más extensa de la Unión Europea, y la más numerosa en cuanto a espacios (Junta de Andalucía, 2016a). Sin embargo, la mayoría de las declaraciones de EPs ocurrieron a finales de la década de los 80, cuando Andalucía recibió las competencias en materia de conservación de la naturaleza y espacios protegidos, y cuando el conocimiento ecológico del territorio era aún limitado. Desde aquellos días, tanto los criterios de declaración de espacios protegidos como el conocimiento científico han evolucionado (Múgica et al., 2002), haciendo recomendable evaluar si la RENPA ha crecido de una forma ecológicamente consistente y resulta adecuada para conservar la biodiversidad amenazada, como requieren las normativas nacionales (Gobierno de España, 2007) e internacionales (CBD, 2010). En consecuencia, este estudio tiene los siguientes objetivos: 1) evaluar espacialmente si la biodiversidad amenazada, incluyendo especies, subespecies y hábitats, está adecuadamente representada en la RENPA; 2) determinar la importancia de grandes tipos de ecosistemas regionales para la biodiversidad amenazada; 3) comprobar la protección legal y gestionaaria de la biodiversidad amenazada regional; y 4) analizar si existen zonas importantes para la biodiversidad amenazada fuera de la RENPA, con objeto de proponer recomendaciones de planificación y gestión sostenibles.

2. MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

Andalucía es la segunda Comunidad Autónoma española en extensión, con más de 87.000 km², un 17% de la superficie del país. Está situada completamente en la región biogeográfica mediterránea (EEA, 2012), donde se encuentran casi la mitad de las especies y más de la mitad de los hábitats incluidos en la Directiva

Hàbitats (Barredo et al., 2016) y donde la transformación de los hàbitats excede a su protección en una relación de 8:1 (Hoekstra et al. 2005).

En 2013, el 30% de la superficie regional estaba incluida en la RENPA, constituyendo la mayor red regional de espacios protegidos de España en términos superficiales (Múgica et al., 2014).

2.2. DEFINICIONES, ASUNCIONES Y FUENTES DE DATOS

En este estudio consideramos “biodiversidad amenazada”: a) especies y subespecies amenazadas; y b) HICs. Por simplificar, designaremos tanto las especies como las subespecies como “especies”. Según la Directiva Hàbitats, HICs son aquellos hàbitats naturales o seminaturales que, en el territorio de los Estados Miembros: a) están amenazados; o b) tienen una distribución reducida; o c) son representativos de las regiones biogeográficas presentes en el territorio de la Unión Europea.

La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía nos proporcionó datos oficiales completos de distribución de especies terrestres, dulceacuícolas y marinas para las que se había hecho seguimiento, en formato vectorial, a una resolución espacial de 1km² (Junta de Andalucía, 2017a). Restringiendo nuestro análisis a especies y subespecies terrestres y dulceacuícolas para las que existían censos regionales entre 2010 y 2014 resultaron 617 especies. De ellas, para el análisis de especies amenazadas seleccionamos las 126 especies incluidas en el Catálogo Andalúz de Especies Amenazadas en las categorías de “Extinta”, “En Peligro” o “Vulnerable” (ERAs; Junta de Andalucía, 2017b), y las 33 especies incluidas en la Lista Roja de la UICN dentro de las categorías “Extinta Regionalmente”, “En Peligro Crítico”, “En Peligro” o “Vulnerable” (IUCN, 2017).

Los datos espaciales de los 71 HICs identificados en la región (Junta de Andalucía, 2015) se descargaron de la web de la Red de Información Ambiental de Andalucía (Junta de Andalucía, 2016b). En el análisis de los HICs consideramos su extensión superficial en la región, un criterio globalmente recomendado para evaluar el estado de conservación de los hàbitats (Bland et al., 2017).

Definimos las ZAIEAs como aquellas zonas desprotegidas de tamaño igual o mayor de 100 hectáreas en las que habitan al menos tres ERAs o una EGA. Las ZAIBAs se definieron como ZAIEAs que coinciden espacialmente con HICs. Para evaluar la “protección”, seguimos la definición dada por Rodríguez-Rodríguez et al. (2016), que distinguían entre “protección legal” y “esfuerzo gestor”.

Los polígonos digitales de los espacios protegidos de la RENPA se obtuvieron del repositorio digital de la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía, 2017c), e incluían todas las figuras nacionales e internacionales para la conservación de la biodiversidad existentes en Andalucía en setiembre de 2017 en formato vectorial: a) Espacios Protegidos Nacionales (EPNs; N=192), incluyendo las ocho categorías regionales: Monumento Natural, Paisaje Protegido, Paraje Protegido, Parque Nacional, Parque Natural, Parque Periurbano, Reserva Natural y Reserva Natural Concertada; b) Lugares de Importancia Comunitaria (LICs; N=27); c) Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs; N=63); d) Zonas de Especial Conservación (ZECs; N=163); e) Reservas de la Biosfera (RBs; N=9); f) Sitios Ramsar (N=25); y g) Sitios del Patrimonio Mundial (SPMs; N=1).

2.3. ANÁLISIS DE DATOS

Se interseccionaron las capas de EPs con la capa de territorio terrestre andaluz para descartar área protegida marina. Se unieron las siete capas de EPs y se seleccionaron los polígonos protegidos resultantes iguales o mayores de 100 hectáreas ($N=404$) para minimizar los errores de intersección de las capas y para tener polígonos protegidos de al menos la misma resolución espacial que los datos de distribución de especies amenazadas. Las capas de EPs se disolvieron para calcular el área protegida total en la región. Luego, la capa de EPs disuelta y cada una de las siete capas individuales se interseccionaron con las capas de distribución de las ERAs, EGAs y HICs. Los cálculos de superficie protegida por figura de protección no tienen en cuenta los solapamientos entre figuras, por lo que deben interpretarse de forma individualizada para cada figura de EPs.

Los grandes tipos de ecosistemas regionales se estimaron a partir de datos de *Corine Land Cover* (CLC) 2012 (Copernicus, 2016). Para clasificar cada subclase de CLC (a nivel 3) en función de su importancia para las especies amenazadas, se desarrolló un Índice de Importancia de los Usos del Suelo (IIUS) para cada subclase: $IIUS = \sum (Nn \times An)$, donde N es el número de especies amenazadas y A es el porcentaje del área ocupada por ese número de especies en esa subclase de CLC.

El grado de coincidencia entre las categorías de amenaza regionales y globales de las especies y entre sus categorías de amenaza y sus áreas de ocupación se analizó con pruebas de correlación de Spearman, para un nivel de significación de 0,05. La protección legal otorgada a los 404 polígonos protegidos se calculó sumando el número de figuras legales solapantes en cada polígono, como se ha hecho en estudios previos (Rodríguez-Rodríguez et al. 2015a, 2016). La capa de protección legal se intersectó con las dos capas de especies amenazadas tras disolverlas por el número de especies amenazadas presentes en cada píxel de 1 km². Se usó la prueba de correlación de Spearman para determinar el grado de correlación entre el número de figuras legales y la riqueza de ERAs y EGAs tras comprobar la no normalidad de las variables originales ni de las transformadas mediante log10 para un $p = 0,05$.

El esfuerzo gestor se evaluó de forma genérica preguntando a los gestores de EPs autonómicos si las distintas figuras de EPs estaban generalmente gestionadas de forma activa o no. En todos los cálculos SIG se empleó Arc-GIS v 10.3 (ESRI, 2014) en la proyección ETRS89 UTM 30N. Para los cálculos estadísticos se usaron Microsoft Excel y SPSS.

3. RESULTADOS

3.1. PROTECCIÓN OFICIAL DE ESPECIES AMENAZADAS

Ciento veintiséis especies están amenazadas en la región, bien como ERAs ($n=119$) o como EGAs ($n=33$). Siete EGAs no están incluidas en el Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas: *Aythya ferina* (fauna), *Eryngium galioides* (flora), *Galium viridiflorum* (flora), *Genista ancistrocarpa* (flora), *Prunus ramburii* (flora), *Santolina elegans* (flora), y *Succisella andreae-molinae* (flora). No se obtuvo una correlación

estadísticamente significativa entre las categorías de amenaza regionales y globales para las especies comunes en ambos subgrupos. El área de ocupación regional de las EGAs sí está significativa y negativamente correlacionada con su categoría de amenaza global ($r_s(31) = -0,512$; $p = 0,02$).

3.2. REPRESENTACIÓN DE LAS ESPECIES AMENAZADAS EN LA RENPA

La RENPA ocupa el 32,2% de la superficie regional. Aproximadamente el 58% del área de ocupación regional de las ERAs y el 81% del de las EGAs están incluidas en EPs regionales. La riqueza de ERAs varía desde 1 hasta 12 ERAs por km², con toda o la mayor parte del área de las clases más ricas en ERAs incluida en EPs regionales. La riqueza de EGAs varía entre 1 y 4 EGAs por km², también con porcentajes crecientes de cobertura de las clases más ricas en EGAs en la RENPA, que llega al 100% para las clases de riqueza 3 y 4.

La RENPA incluye proporcionalmente 1,8 veces más área de ocupación de las ERAs y 2,5 veces más área de ocupación de las EGAs que el conjunto del territorio regional.

3.3. REPRESENTACIÓN DE LAS ESPECIES AMENAZADAS SEGÚN TIPOS DE ECOSISTEMAS

El 51% del área de ocupación regional de las ERAs y el 44% de la de las EGAs se da en “zonas agrícolas”, especialmente en “tierras de labor en secano” (25% y 22%, respectivamente); el 32% de dichas áreas de ocupación se da en “bosques y áreas semi-naturales”, fundamentalmente en “vegetación esclerófila” (11% para ambos subgrupos); y el 12% y 19% de dichas áreas se dan en “zonas húmedas” (en “humedales y zonas pantanosas”, “salinas” y “marismas”). Los ecosistemas más importantes para las ERAs y EGAs son las “zonas húmedas”, principalmente “salinas”: IIUSERA= 2.224; IIUSEGA=296). De los cinco tipos de ecosistemas más importantes para las especies amenazadas de acuerdo con el IIUS, dos son “zonas húmedas” y tres, “zonas agrícolas”.

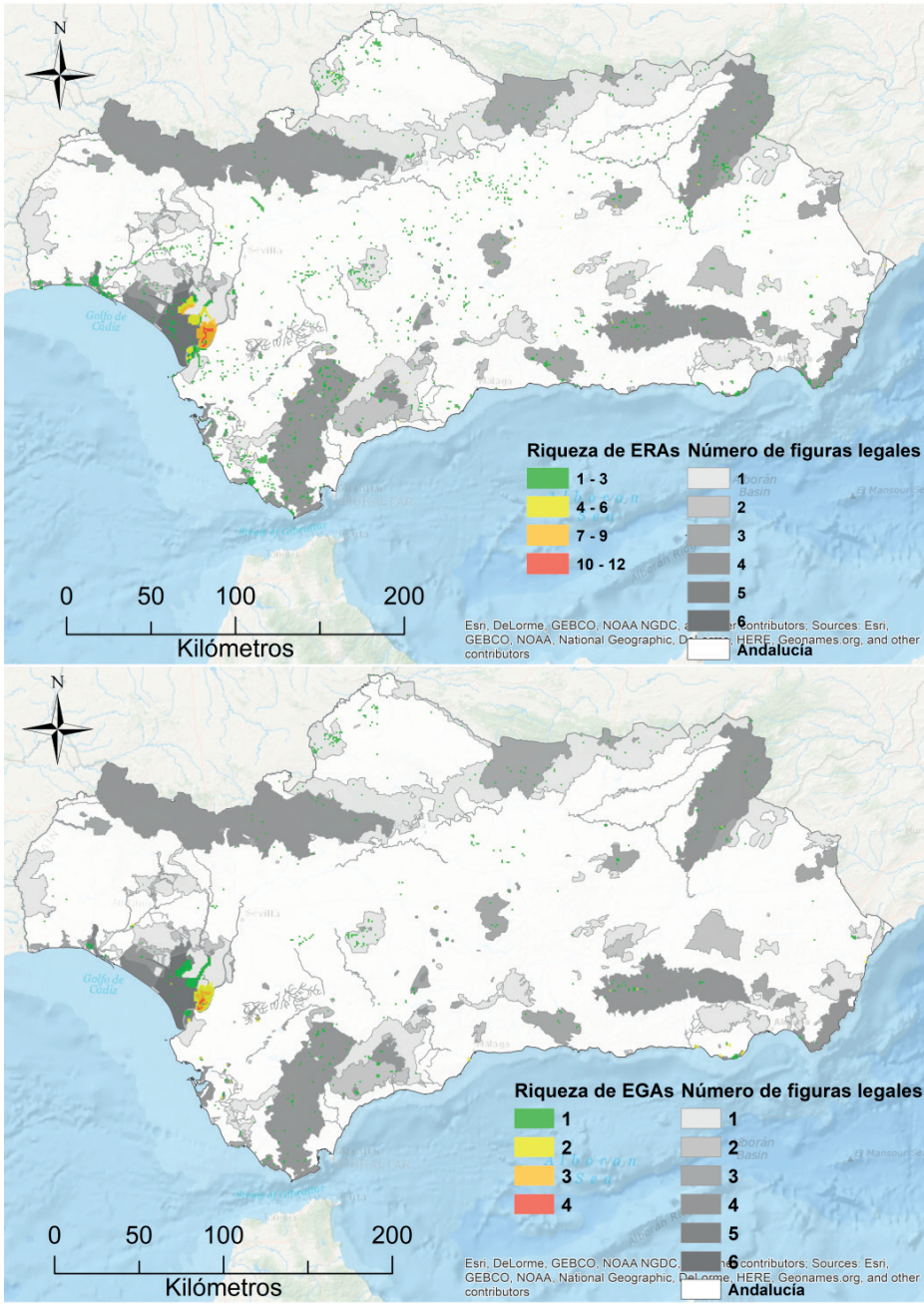
3.4. REPRESENTACIÓN DE LOS HICS EN LA RENPA

Más del 52% de la extensión de los HICs regionales se encuentra en la RENPA. Esto equivale al 62% de la superficie de la red. Proporcionalmente, la figura de EP más importante para los HICs es la de LIC, el 75% de cuya superficie incluye HICs. El SPM (Doñana) y los LICs incluyen proporcionalmente 2,84 veces y 2,32 veces más superficie de HICs que el conjunto de la superficie regional, respectivamente.

3.5. PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA POR LA RENPA

La mayor parte (40%) de la superficie de la RENPA está protegida por cuatro figuras legales, aunque casi la misma proporción (38%) está protegida por una figura legal. La Figura 1 muestra el solapamiento espacial entre la riqueza de especies amenazadas y el grado de protección legal en la RENPA. Como puede observarse, la zona de mayor riqueza regional en ERAs y EGAs se encuentra en la parte este del EP de Doñana, que también coincide con el mayor grado de protección legal de la

Figura 1. Solapamiento espacial entre las áreas de ocupación de las especies regionalmente amenazadas (ERAs; arriba) y especies globalmente amenazadas (EGAs; abajo) y el número de figuras de protección de espacios protegidos en la RENPA.



RENPA. Sin embargo, a nivel regional, la riqueza de EGAs no está correlacionada con el grado de protección legal en la RENPA, mientras que en el caso de la ERAs, esta correlación es casi significativa ($r_s(50) = 0,259$; $p = 0,06$).

El 25% de la superficie de los HICs regionales está también protegido por cuatro figuras legales, el 16%, por una figura, y el 48% no se encuentra incluido en la RENPA.

Considerando que, en general, los EPNs, ZECs, RBs, Sitios Ramsar y el SPM tienen gestión activa (aunque no siempre es el caso), el 75% de la superficie de la RENPA podría considerarse activamente gestionada. El 75%, 77% y 75% del área de ocupación de las ERAs, EGAs e HICs se encontraría, pues, en EPs con gestión activa, respectivamente.

3.6. PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA POR LA RENPA

Existen 111 ZAIEAs con superficies entre 100 y 400 hectáreas. La mayor de ellas, al norte de la provincia de Córdoba, contiene *Otis tarda* (EGA) y *Rhinolophus ferrumequinum* (ERA). Los HICs sólo coinciden espacialmente con ZAIEAs en un sitio de 111 hectáreas, también al norte de Córdoba.

4. CONCLUSIONES

La RENPA tiene una cobertura territorial amplia, así como una elevada protección legal y gestonaria, en términos cuantitativos generales. También incluye las zonas más ricas en especies amenazadas. Sin embargo, nuestro análisis revela una representación mejorable de las ERAs y los HICs, y una asignación del grado de protección legal a las zonas de mayor riqueza de especies amenazadas, fundamentalmente EGAs, también mejorable.

Las “tierras de labor en secano” son el tipo de ecosistema más importante para las especies amenazadas, en términos de áreas de ocupación absolutas. Las “zonas húmedas” y algunos ecosistemas agrarios destacan como los ecosistemas más representativos en especies amenazadas en Andalucía, en términos relativos. Por tanto, la adecuada identificación, protección (cuando sea necesaria) y gestión de estos ecosistemas se revelan de gran importancia para la conservación de especies amenazadas en la región.

Los Sitios Ramsar son la figura de protección relativamente más importante para la conservación de ERAs y EGAs regionales, aunque no tanto para la conservación de HICs. Se han identificado 111 ZAIEAs y una ZAIBA. La declaración como EPs de, al menos, las mayores ZAIEAs y de la ZAIBA al norte de la región (en la provincia de Córdoba), y la expansión del EP de Doñana hacia el este emergen también como prioridades de este análisis.

Por último, recomendamos la inclusión inmediata en el Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas de las siete EGAs actualmente no incluidas en el mismo, a fin de que puedan contar lo antes posible con las medidas de conservación efectivas establecidas por la legislación.

Algunas limitaciones metodológicas de este análisis que deben destacarse incluyen: el descarte de polígonos protegidos menores de 100 ha., que podría

subestimar ligeramente las cifras de superficie protegida y cobertura legal de biodiversidad amenazada; la forma genérica de asignar la gestión a figuras enteras de EPs, que ha conllevado una sobreestimación de la protección gestionaaria de la RENPA; los datos de distribución de las especies proporcionados, a una resolución de 1km², que es muy posible que sobreestimen las áreas de ocupación de muchas de las especies incluidas en este análisis; y finalmente, la completitud y exactitud de los datos suministrados, que a pesar de ser los datos oficiales existentes más completos, no puede asegurarse. De hecho, nos constan algunas especies amenazadas emblemáticas presentes en la región que no están recogidas en los datos suministrados, como el lince ibérico o el lobo ibérico. A pesar de estas limitaciones, el esfuerzo de seguimiento de un número tan elevado de especies y hábitats a una escala de detalle tan fina realizado por el gobierno regional no es común ni nacional (Rodríguez-Rodríguez et al. 2015b), ni internacionalmente (Gaston et al., 2008; Davis et al., 2014) y merece reconocimiento.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Pepe Perea, Francisco Marín, Yolanda Gil y José Manuel Moreira, de la REDIAM, por proporcionarnos los datos espaciales de especies amenazadas en Andalucía, y por ayudarnos a analizar e interpretar algunos de los datos de especies y hábitats. Asimismo, queremos agradecer la labor de revisión del borrador inicial por Gonzalo González, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, y a Milagros Pérez, por aclarar algunos aspectos relativos a la gestión en EPs regionales. También a Cristina Díaz, por animarnos a presentar esta comunicación. Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad en el marco del proyecto SOSTPARK (CSO2014-54611-JIN).

5. REFERENCIAS

- BARREDO, I., CAUDULLO, G. & DOSIO, A. 2016: "Mediterranean habitat loss under future climate conditions: Assessing impacts on the natura 2000 protected area network". *Applied Geography*, 75: 83-92.
- BLAND, L.M., KEITH, D.A., MILLER, R.M., MURRAY, N.J. & RODRÍGUEZ J.P. (eds.) 2017: *Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria, Version 1.1*. Gland, IUCN.
- CBD, CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY 2010: *Convention. Strategic Plan 2011–2020. Aichi Biodiversity Targets*. <https://www.cbd.int/sp/targets/> Consulta 30 de octubre de 2017.
- COPERNICUS LAND MONITORING SERVICES 2016: *Pan-European. Corine Land Cover. CLC 2012*. <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012/view> Consulta 24 de julio de 2017.
- DAVIS, MCK., NAUMANN, S., MCFARLAND, K., GRAF, A. & EVANS, D. 2014: *Literature review: The ecological effectiveness of the Natura 2000 Network. Technical paper N° 5/2014*. Paris, European Topic Centre on Biological Diversity –

European Environment Agency.

EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2012: *Data and maps. Maps and graphs. Biogeographical Regions in Europe*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/biogeographical-regions-in-europe-1> Consulta 30 de octubre de 2017.

ESRI, ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESOURCE INSTITUTE. 2014: *ArcInfo, version 10.3*. Redlands, ESRI.

GASTON, K.J., JACKSON, S.F., CANTÚ-SALAZAR, L. & CRUZ-PIÑÓN, G. 2008: "The ecological performance of protected areas". *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 39: 93-113.

GOBIERNO DE ESPAÑA 2007: Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-21490> Consulta 31 de octubre de 2017.

HOEKSTRA, J.M., BOUCHER, T.M., RICKETTS, T.H. & ROBERTS, C. 2005: "Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection". *Ecology Letters*, 8(1): 23-29.

IUCN, INTERNATIONAL UNION FOR THE CONSERVATION OF NATURE 2017: *The IUCN Red List of Threatened Species 17-2*. <http://www.iucnredlist.org/> Consulta 26 de septiembre de 2017.

JUNTA DE ANDALUCÍA 2015: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Rediam. Productos. Servicios OGC. Web Feature Service (WFS). Hábitats de Interés Comunitario Terrestres en Andalucía. Metodología para generación de cartografía HICs 2015. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/rediam/documentos/vegetacion/Metodologia_HIC2015.pdf Consulta 26 de setiembre de 2017.

JUNTA DE ANDALUCÍA 2016a: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Información ambiental. Espacios protegidos. La RENPA – Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=0cbb7abc83414010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=3bdd61ea5c0f4310VgnVCM1000001325e50aRCRD> Consulta 31 de octubre de 2017./

JUNTA DE ANDALUCÍA 2016b: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Rediam. Productos. Descargas de información ambiental. Recursos naturales. Biodiversidad. Vegetación y ecosistemas. Hábitats y biotopos. Hábitats de interés comunitario. Hábitats de interés comunitario de Andalucía. Publicación 2015. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=a917d2aa40504210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=7b3ba7215670f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&lr=lang_es (accessed 21 Jul 2017).

JUNTA DE ANDALUCÍA 2017a: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Biodiversidad. Seguimiento de la Biodiversidad. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.220de8226575045b25f09a105510e1ca/?vgnextoid=c9984df288927310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=efa96c3b0ef95310VgnVCM1000001325e50aRCRD> Consulta 5 de octubre de 2017.

JUNTA DE ANDALUCÍA 2017b: Consejería de Medio Ambiente y

Ordenación del Territorio. Biodiversidad. Conservación y recuperación de especies. Listado y Catálogo de flora y fauna silvestre amenazada, con presencia regular, en paso u ocasional en Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=a23f3e9f6127c410VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=91aacc879a47c410VgnVCM1000001325e50aRCRD> Consulta 3 de octubre de 2017.

JUNTA DE ANDALUCÍA 2017c: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Rediam. Productos. Descargas de información ambiental. Patrimonio Natural. Espacios Protegidos. RENPA. http://descargasrediam.cica.es/repo/s/RUR?path=%2F07_PATRIMONIO_NATURAL%2F01_ESPACIOS_PROTEGIDOS%2F01_RENPA%2F00_RENPA%2FRENPActual%2FInfGeografica%2FInfVectorial%2FShapes Consulta 27 de setiembre de 2017.

MÚGICA, M., DE LUCIO, J.V., MARTÍNEZ, C., SASTRE, P., ATAURI-MEZQUIDA, J.A. & MONTES, C. 2002: *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

MÚGICA, M., MARTÍNEZ, C., ATAURI, J.A., GÓMEZ-LIMÓN, J., PUERTAS, J. & GARCÍA, D. 2014: EUROPARC-España. *Anuario 2013 del estado de las áreas protegidas en España*. Madrid, Fundación Fernando González Bernáldez.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, D., SÁNCHEZ-ESPINOSA, A., SCHRODER, C., ABDUL MALAK, D. & RODRÍGUEZ, J. 2015a: "Cumulative pressures and low protection: a concerning blend for Mediterranean MPAs". *Marine Pollution Bulletin*, 101(1): 288-295.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, D., MARTÍNEZ-VEGA, J., TEMPESTA, M., OTERO-VILLANUEVA, M.M. 2015b: "Limited uptake of protected areas evaluation systems among managers and decision-makers in Spain and the Mediterranean Sea". *Environmental Conservation*, 42(3): 237-254.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, D., RODRÍGUEZ, J. & ABDUL MALAK, D. 2016: "Development and testing of a new framework for rapidly assessing legal and managerial protection afforded by marine protected areas: Mediterranean Sea case study". *Journal of Environmental Management*, 167: 29-37.

FITODIVERSIDAD COMPARATIVA DE LOS SABINARES DE *JUNIPERUS TURBINATA* GUSS. EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE EL HIERRO Y EN EL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA

Ángel Romo Díez¹, Rosalía Bejarano-Palma², Adam Boratyński³ y Montserrat Salvà-Catarineu⁴

¹*Institut Botànic de Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, IBB-CSIC-ICUB,*

²*Dpto. Geografía Física y A.G.R., Universidad de Sevilla*

³*Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences*

⁴*Departament de Geografia, Universitat de Barcelona*

¹*angel.romo@gmail.com/a.romo@ibb.csic.es,* ²*rbejaranopalma@us.es*

³*borata@man.poznan.pl,* ⁴*salva@ub.edu*

RESUMEN:

¿Es homogénea la fitodiversidad asociada a las formaciones de *Juniperus turbinata*? Para contestar a esta pregunta se ha estudiado la fitodiversidad de los sabinares de una zona del litoral peninsular (Doñana), y de una isla oceánica (El Hierro). En estudios previos hemos constatado que el número total de especies es mayor en El Hierro que en Doñana. Estos resultados contrastan con las teorías que indican la existencia de menor biodiversidad en las islas oceánicas. Abordar el estudio de las islas oceánicas como unidades homogéneas constituye en error de escala y de planteamiento que se aparta de la realidad. Antes bien, se tendría que abordar el estudio de las diferentes comunidades vegetales presentes en cada isla y más concretamente las de los ambientes áridos, de forma singularizada, como prueban los resultados obtenidos en el estudio de estos bosques secos de sabinas.

Palabras clave: Bosque seco de sabinas, Riqueza florística, Endemismos, Expansión de nicho, Isla oceánica, Nicho vacío

ABSTRACT (The *Juniperus turbinata* Guss. woodlands in the Biosphere Reserves of El Hierro and the Doñana National Park (Spain)):

Is the phytodiversity associated with *Juniperus turbinata* formations homogenous? In order to answer this question, the phytodiversity of the maritime juniper stands

of Doñana and an oceanic island (El Hierro) have been studied. Previous studies indicate that the total number of species is greater in El Hierro than in Doñana. These results do not corroborate with theories that indicate the existence of lesser biodiversity on oceanic islands. To treat the oceanic islands as units of study constitutes an error of scale and approach which tends to depart from reality. First, one needs to focus on the study of the different plant communities present on each island and, in particular, on those with an arid environment, as demonstrated by the results obtained in the study of these dry juniper woodlands.

Keywords: Juniper dry woodlands, Empty niche, Endemism, High phytodiversity, Niche expansion, Oceanic island, Plant communities

1. HIPÓTESIS Y ÁREA DE ESTUDIO

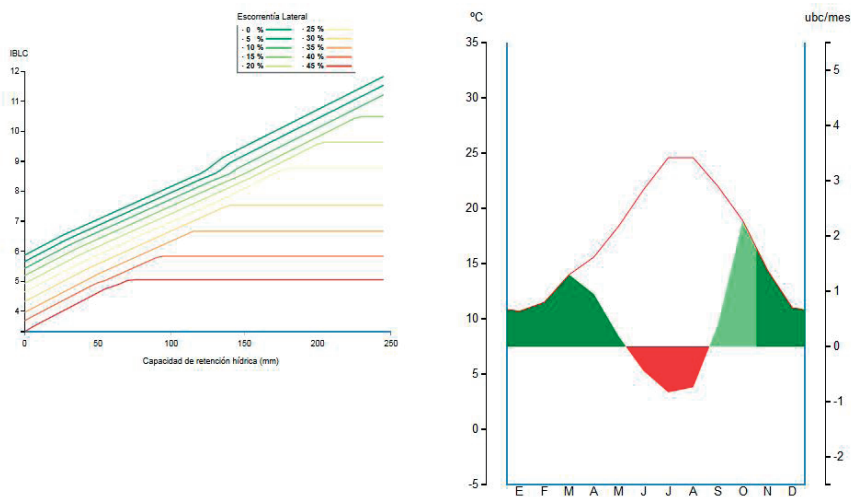
El estudio de la fitodiversidad comparativa de los sabinares de *Juniperus turbinata* se realizó en la Reserva de la Biosfera de El Hierro y en el Parque Nacional de Doñana (Figura 1). Nuestro interés sobre cuál era la fitodiversidad asociada a las formaciones de sabinares de *Juniperus turbinata* en diferentes condiciones ecológicas dio como resultado la publicación de sendos trabajos, uno sobre Doñana (Bejarano et al., 2014) y otros sobre El Hierro (Romo & Salvà-Catarineu, 2013; Romo et al., 2014, Salvà-Catarineu et al., 2014). En ellos se estudió la riqueza florística asociada a los sabinares en dos ambientes tan diferentes como son los del litoral peninsular de Doñana y los del interior de una isla oceánica como El Hierro. En Doñana los sabinares se encuentran en zonas de dunas costeras y en El Hierro se ubican sobre substratos volcánicos en el interior de la isla.

Figura 1. Mapa de situación de las dos áreas estudiadas.



Las dos áreas comparadas de los bosques secos de *Juniperus* forman parte del zonobioma IV, caracterizado por sequía estival y humedad en otoño e invierno, con la alternancia intranual de periodo seco y húmedo (Breckle, 2002). La vegetación característica de este zonobioma son los bosques esclerófilos. En el caso de El Hierro los sabinares se caracterizan por estar sometidos a largos períodos de sequía estival (de 6 a 7 meses), como muestran los diagramas ombrotérmicos publicados por Del Arco et al. (1996) de Sabinosa y de la Dehesa, localidades ambas próximas a las estaciones del sabinar herreño. En Doñana el periodo de sequía estival se estima en 5 meses (Figura 1).

Figura 2. Capacidad de retención hídrica y diagrama bioclimático de Montero de Burgos y González Rebollar de la estación de Almonte [37° 15' 60.0" N, 6° 30' 60.0" W], municipio en el que se ubica el Parque Nacional de Doñana.



Fuente: Montero de Burgos y González Rebollar (<http://diagramas bioclimaticos.com>, última revisión noviembre de 2014)

En cuanto a la componente florística de una y otra área, Doñana está incluida en la Región Mediterránea, mientras la singularidad florística de las Canarias llevó a Takhtajan (1986) a reconocerla dentro de una región florísticamente diferenciada, que incluye además Madeira, Azores y Cabo Verde, bajo el nombre de Región Macaronésica, diferenciándola de la región Mediterránea.

Las islas oceánicas poseen menos especies por área que los continentes cercanos (Whittaker & Fernández-Palacios, 2007). Un número limitado de especies de los continentes son capaces de alcanzar las islas oceánicas y las especies que lo consiguen tienen una competencia menor, logrando ocupar nichos vacíos y compensando con una mayor densidad de las poblaciones el número inferior de especies. Con estos antecedentes, cabe plantearse si los bosques de sabinas en una isla oceánica cuentan con menor fitodiversidad que los sabinares de las zonas continentales.

Por lo que se refiere a las comunidades fitosociológicas correspondientes, los sabinares de El Hierro (Del Arco Aguilar et al., 1996) se han asignado a la asociación: *Rubio fruticosi-Juniperetum canariensis* Santos 1993 que conforman la

vegetación potencial de la parte inferior de las medianías de la Isla. Los de Doñana se incluyen en la asociación *Osyro quadripartitae-Juniperetum turbinatae* Rivas-Mart. ex Rivas-Mart. et al., 1990, que constituye la vegetación potencial de las dunas fósiles de esta zona (Costa et al., 1977; Bejarano, 1997).

Por otra parte, teniendo como referencia las conclusiones de diversos autores (Paine, 1995; Power & Mills, 1995; Power et al., 1996), tanto en Doñana como en el Hierro, *Juniperus turbinata* tiene el papel de “keystone tree”, en tanto este árbol llega a crear unas condiciones ecológicas peculiares que condicionan las características de la comunidad vegetal en la que vive.

En ambos casos estudiados se trata de **bosques abiertos**, denominados por los anglosajones como “woodlands mosaics” o “woodlands patches” (Van Auken & McKinley, 2008; Breshears, 2008). Algunos autores hablan de **microbosques** para designar a estos bosques de enebros macrocarpos por su estructura abierta y modesto porte (Rivas Martínez et al., 2011; Gianguzzi et al., 2012) y otros hablan de **bosque termoesclerófilo** (Del Arco-Aguilar et al., 2006; González et al., 2017), haciendo alusión a los requerimientos y las características foliares de las especies que en ellos están representadas. Más recientemente, y dado que el número de esclerófilos es bajo, se habla de **bosque termófilo** (Fernández-Palacios et al., 2008; Steinbauer et al., 2012). En las áreas estudiadas el recubrimiento del estrato arbóreo es inferior al 40% en El Hierro y al 60% en Doñana. Quizás la descripción que más se ajustaría a la realidad de las áreas estudiadas sería hablar de **bosques abiertos y secos dominados por perennifolios**.

2. MÉTODOS

Como punto de partida se han tomado los trabajos previos publicados sobre Doñana (Bejarano et al., 2014) y sobre El Hierro (Romo & Salvà, 2013; Romo et al., 2014). En ellos se utilizó la nomenclatura de los taxones ibéricos de Castroviejo et al. (1986-2015) en el caso de Doñana y el *check-list* de Stierstorfer & Geisberg (2006) en El Hierro. El análisis de la vegetación se llevó a término conforme al método sigmatista de la escuela de Zurich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1979), con algunas modificaciones (Biondi, 2011; Mueller-Dombois & Ellenberg, 2014). En cuanto a los tipos biológicos asignados a los taxones detectados se ha seguido la clasificación propuesta por Orshan (1986).

Nuestro trabajo tiene el interés de realizar una comparativa de la fitodiversidad de los sabinars costeros del continente respecto a otro insular y que además están localizadas en regiones florísticas diferentes. Esta metodología está avalada por otros estudios comparativos realizados desde diferentes perspectivas que se han llevado a cabo entre ecosistemas de distintos continentes (Ohsawa, 1999) y que son especialmente numerosos entre ecosistemas mediterráneos (Di Castri & Mooney, 1973).

3. RESULTADOS

En cuanto a la fitodiversidad comparativa, objeto principal de este trabajo, en estudios previos se ha podido constatar que los bosques secos de sabinas de la isla

de El Hierro presentan una elevada riqueza florística (Romo & Salvà-Catarineu, 2013; Romo et al., 2014) y lo mismo se ha detectado en el Parque Nacional de Doñana (Bejarano, et al., 2014). Pero si contrastamos los resultados, el número total de especies observadas es mayor en El Hierro (131 taxones) que en Doñana (97 táxones), véase Tabla 1.

Tabla 1. Número de especies inventariadas.

	Taxones	Inventarios
Parque Nacional de Doñana	97	18
Reserva de la Biosfera de El Hierro	131	28

Elaboración propia para este trabajo, a partir de Bejarano, et al. (2014), Romo y Salvà-Catarineu (2013) y Romo, et al. (2014).

El número de fanerófitos (Ph) es mayor en Doñana que en El Hierro (Tabla 2), lo contrario de lo que resulta en la cantidad de caméfitos (Ch). En cambio, el número de hemicriptófitos (Hm) desciende drásticamente en el Hierro, pero en cambio en la isla son más numerosos los geófitos (G) que en Doñana. Con todo, la diferencia más marcada entre las dos áreas estudiadas está en el número de terófitos (Th), que es mayor en El Hierro que en Doñana.

Tabla 2. Tipos biológicos.

Numero de taxones	Ph	Ch	Hm	G	Th
Parque Nacional de Doñana	6	21	23	4	43
Reserva de la Biosfera de El Hierro	5	30	11	6	79

Elaboración propia para este trabajo, a partir de Bejarano, et al. (2014), Romo y Salvà-Catarineu (2013) y Romo, et al. (2014).

Si convertimos los resultados absolutos en porcentajes (Tabla 3), vemos que tanto el número de fanerófitos como el de caméfitos es equiparable; en cambio es mucho más numeroso, casi el doble, el de hemicriptófitos en Doñana que en el Hierro. Los geófitos son equiparables y el porcentaje de terófitos se incrementa en el Hierro.

Tabla 3. Porcentajes de los tipos biológicos.

	Ph	Ch	Hm	G	Th
Parque Nacional de Doñana	6,2	21,9	23,9	4,1	43,9
Reserva de la Biosfera de El Hierro	4,1	22,9	8,4	4,6	60

Elaboración propia para este trabajo, a partir de Bejarano, et al. (2014) Romo y Salvà-Catarineu (2013) y Romo, et al. (2014).

En cuanto a la corología de los taxones (Tabla 4) hay que señalar que el porcentaje de endemismos en Doñana es mucho menor que en El Hierro. También contrasta la mayor presencia de taxones de distribución mediterránea en Doñana y la mayor presencia de plantas alóctonas en el Hierro que en Doñana.

Tabla 4. Porcentajes de la distribución de las especies

	Endemismos	Plurirregional	Mediterráneos*	Alóctonas
Parque Nacional de Doñana	7,2	31,1	60,6	1,1
Reserva de la Biosfera de El Hierro	36,5	30,5	30,7	2,3

Elaboración propia para este trabajo, a partir de Bejarano, et al. (2014), Romo y Salvà-Catarineu (2013) y Romo, et al. (2014). *Se han agrupado los taxones mediterráneos y los macaronésicos.

4. DISCUSIÓN

Según lo expuesto, la comparativa entre la fitodiversidad de los sabinars de El Hierro y Doñana pone de manifiesto una mayor riqueza florística en los primeros; si bien debemos mencionar que el número de inventarios realizados en la isla es mayor, el número de parcelas muestreadas es lo suficientemente representativo en ambas localidades estudiadas.

En estudios previos, Stienbauer et al. (2012) mencionan la presencia de 147 taxones en los boques termófilos de El Hierro, que según estos autores ocuparían un área de 69 km². En ellos el porcentaje de endemismos asciende, según los autores mencionados, al 36,4% de los taxones encontrados. Específicamente y limitándonos a los sabinars herreños, en nuestro caso se han encontrado 131 taxones y en ellos el porcentaje de endemismos es del 36,5%, es decir ligeramente mayor que si considerásemos todos los bosques termófilos de El Hierro.

Por otra parte, Valdés et al. (2010: 13-14) aportan datos corológicos para un área que incluye Doñana y su comarca. De un total de 1.387 especies y subespecies catalogadas, el 59,3% correspondería a taxones mediterráneos en sentido amplio. De entre ellos, las especies estrictamente mediterráneas, los endemismos ibérico-magrebíes, los taxones mediterráneo-macaronésicos y los propios del Mediterráneo occidental presentan porcentajes bastante aproximados, que oscilan entre el 13% y el 11,5%, decrecientes en el orden mencionado; un 2% son especies mediterráneo-irano-turánicas y un 5% son endemismos ibéricos, mientras el elemento endémico del sector gaditano-onubo-algarviense es del 0,8%, y el 0,6% (ocho taxones) son endemismos o subendemismos del área de Doñana y su comarca.

Según estos autores (Valdés et al., 2010), el porcentaje de endemismos y subendemismos de distribución más ajustada a nuestra área de estudio (los gaditano-onubo-algarvienses y los específicos de Doñana y su comarca) es mucho menor que el nuestro (1,4%). Si a este porcentaje le añadimos el 5% de endemismos ibéricos presentes en la zona, se alcanza la cifra de 6,4%, también algo inferior a la

de nuestros resultados (Tabla 4). Esta diferencia entre nuestros datos y los aportados por Valdés et al. (2010) podría atribuirse a la distinta escala del área de trabajo considerada, más amplia en el caso de los citados autores respecto a la nuestra, y, por otra parte, a que incluyen los subendemismos en los datos porcentuales.

Nuestros resultados sobre la fitodiversidad contrastan con las teorías de “espacio de nicho vacío”, “expansión de nicho” y de “compensación por densidad” (Whittaker & Fernández-Palacios, 2007) y con la existencia de una menor riqueza en los ecosistemas de las islas oceánicas comparados con los de las zonas continentales. Lo que nos llevaría a restringir los resultados a los sabinares y poder tener más resultados en futuras investigaciones.

Tampoco se observan de forma clara en los sabinares herreños, comparados con los continentales, algunos de los síndromes propios de las islas oceánicas como es una mayor presencia de taxones leñosos en este tipo de islas por parte de los linajes vegetales representados en zonas continentales por una mayoría de plantas herbáceas (Whittaker & Fernández-Palacios, 2007). Aquí quizás las drásticas condiciones ambientales donde medra el sabinar no son excesivamente propicias para las plantas leñosas.

En conjunto los resultados obtenidos sugieren que se tiene que abordar el estudio de las características de las diferentes comunidades vegetales, y más concretamente las de los ambientes áridos de islas oceánicas, de forma segregada. Abordar las islas oceánicas como unidades homogéneas que presentan una respuesta única y uniforme constituye en error de escala y de planteamiento que se aparta de la realidad y prueba de ello son los resultados obtenidos en el presente estudio comparativo de estos bosques secos de sabinas. En esta línea, el trabajo de Steinbauer et al. (2012), donde se estudia el endemismo por niveles altitudinales en las islas oceánicas, representa un avance en esta nueva visión para abordar el necesario estudio de las islas oceánicas desde otra perspectiva.

Todo ello sin olvidar que, ante los futuros retos como el cambio climático, hay que afrontar la necesidad de realizar una gestión sostenible para poder mantener la biodiversidad de los bosques secos de *Juniperus* tanto en zonas continentales como en islas oceánicas, siendo esta última donde esta tarea es crucial por la dependencia aún más estrecha de la población con los servicios ecosistémicos que proporcionan las diferentes comunidades vegetales (Beierkuhnlein, 2017).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por los proyectos de investigación JUNITUR (CSO2011-24425, 2012-2015) y JUNITUR+ (CSO2015-68500-R, 2016-2019) de la Secretaría de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad. Agradecemos el soporte del Cabildo insular de El Hierro y de la Estación Biológica de Doñana (CSIC).

5. REFERENCIAS

BEIERKUHNLEIM, C. 2017: Inseln als globale Versuchsanordnung und natürliche Laboratorien der Vegetationsökologie. *Berichte der Reinhold Tüxen*_

Gesellschaft 29: 39-51.

BEJARANO, R. 1997: *Vegetación y paisaje en la costa atlántica de Andalucía*. Universidad de Sevilla, 418 p.

BEJARANO, R., ROMO A. & SALVÁ-CATARINEU, M. 2014: "Fitodiversidad del sabinar de *Juniperus turbinata* Guss. del Parque Nacional de Doñana; Phytodiversity of *Juniperus turbinata* Guss. woodland at Doñana National Park", en Cámara, R, Rodríguez, B. & Muriel, J.E. (ed.): *Biogeografía de Sistemas Litorales. Dinámica y Conservación*, Universidad de Sevilla, pp. 193-196.

BIONDI E., 2011: "Phytosociology today: Methodological and conceptual evolution". *Plant Biosystems*, 145 suppl. 1: 19-29.

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

BRECKLE, S.W. 2002: *Walter's vegetation of the Earth. The ecological Systems of the Geo-Biosphere*, 4th edition, Berlin, Springer, 527 p.

BRESHEARS, D. 2008: "Structure and function of woodlands mosaics", en Van Auken, O.W. (ed.): *Western North America Juniperus Communities. A Dynamic Vegetation Type. Ecological Studies*, 196: 58-89, Springer, New York.

CASTROVIEJO, S. 1986-2015: *Flora Iberica*. XX volúmenes publicados, Madrid, CSIC.

COSTA, M., CASTROVIEJO, S, RIVAS-MARTÍNEZ, S. & VALDÉS BERMEJO, E. 1977: Sobre la vegetación de terófitos efímeros de las dunas fósiles de Doñana . *Colloques Phytosociologiques* 6: 101-108.

DEL ARCO AGUILAR, M.J., ACEBES J.R. & PÉREZ DE PAZ P.L. 1996: Bioclimatology and climatophilous vegetation of the island of Hierro (Canary Islands) . *Phytocoenologia* 26: 445-479.

DEL ARCO AGUILAR, M.J. et al. 2006: *Mapa de vegetación de Canarias*. Santa Cruz de Tenerife, Grafcan, 550 p.

DI CASTRI, F. & MOONEY, H.A. 1973: *Mediterranean type ecosystems*. Berlin, Springer Verlag, 406 p.

FERNÁNDEZ PALACIOS, J.M. et al. 2008: "Los sabinares". En: FERNÁNDEZ PALACIOS, J.M. et al. (eds.). *Los bosques termófilos de Canarias. Proyecto LIFE 04/NAT/ES/000064*. Santa Cruz de Tenerife: Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, pp. 71-95.

GIANGUZZI, L., ILARDI, V., CALDARELLA, O., CUSIMANO, D., CUTTONARO, P. & ROMANO, S. 2012: "Phytosociological characterization of the *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Nyman formations in the Italo-Tyrrhenian Province (Mediterranean Region)". *Plant Sociology*, 49 (2). 3-28. DOI 10.7338/pls2012492/01

GONZÁLEZ, M.L., FERNÁNDEZ-PELLO, L. & QUIRANTES GONZÁLEZ, F. 2017: "Análisis Geográfico del sabinar de Afur (Tenerife, Islas Canarias)". *Eria*, 1 49 (nueva época). 51-65.

METEODATA. SERIES CLIMÁTICAS OPEN SOURCE [En línea] Disponible en <http://www.meteodata.org>. Consultado el 9/11/2017.

MONTERO DE BURGOS, J.L. & GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L. Diagramas bioclimáticos [En línea], disponible en <http://diagramasbioclimaticos.com/>, consultado el 28/11/2017.

MUELLER-DUMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 2014: *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Caldwell, New Jersey, The Blackburn Press, 548 p.

OHSAWA, M. 1999: "Comparative Ecology of Laurel Forest in Western and Eastern Hemispheres", en Oshawa M. et al.: *Anaga Cloud Forest*. Chiba University, Japan, pp. 3-7.

ORSHAN, G. 1986: "Plant form as describing vegetation and expressing adaptation to environment". *Annali de Botanica*, 44:7-38

PAINE, R. T. 1995: "A conversation on refining the concept of keystone species". *Conservation Biology*, 9: 962-964.

POWER, M. E. & MILLS L. S. 1995: "The keystone cops meet in Hilo". *Trends in Ecology and Evolution*, 10: 182-184.

POWER, M. E., D. TILMAN, J. A. ESTES, B. A. MENGE, W. J. BOND, L. S. MILLS, G. DAILY, J. C. CASTILLA, J. LUBCHENCO, & PAINE R.T. 1996: "Challenges in the quest for keystones". *BioScience*, 46:609-620.

RIVAS MARTÍNEZ, S. et al. 2011: "Mapa de geoseries y geopermaseries de vegetación de España, parte II". *Itinera Geobotanica*, 18(1):5-424.

ROMO, A & SALVÀ-CATARINEU, M. 2013: "Phytodiversity of the remnants of Canarian endemic juniper woodlands on El Hierro, Canary Islands / La phytodiversité dans les rémanents de la forêt endémique de genévrier d'El Hierro, îles Canaries". *Ecologia Mediterranea* 39(1):191-199.

ROMO, A., BORATYŃSKI, A. & SALVÀ-CATARINEU, M. 2014: "Diversidad funcional de los sabinars en una isla oceánica: El Hierro, Islas Canarias; Functional diversity of *Juniperus* woodlands on an Oceanic Island: El Hierro, Canary Isles", en Cámara, R, Rodríguez, B. & Muriel, J.E. (ed.): *Biogeografía de Sistemas Litorales. Dinámica y Conservación*, Universidad de Sevilla, pp. 197-201.

SALVÀ-CATARINEU, M., ROMO, A., SALVADOR FRANCH, F., CORTÉS LUCAS, A., PADRÓN PADRÓN, P. A., BORATYŃSKI, A., RODRÍGUEZ OLLER, A. & LÓPEZ BUSTINS, J. 2014: "Estructura y características ambientales de los sabinars de *Juniperus turbinata* Guss. en la isla de El Hierro (Islas Canarias)", en Associação Portuguesa de Geógrafos e Departamento de Geografia da Universidade do Minho (ed.): *A JANGADA DE PEDRA - Geografias Ibero-Afro-Americanas. Atas do Colóquio Ibérico de Geografia*. Universidade do Minho, Guimaraes, pp. 1904-1909.

STEINBAUER, M.J., OTTO, R., NARANJO-CIGALA, A., BEIERKUHNLEIN, C. & FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. 2012: "Increase of island endemism with altitude – speciation processes on oceanic islands". *Ecography* 35: 23-32. doi: 10.1111/j.1600-0587.2011.07064.x

STIERSTORFER, C. & GAISBERG, M. von 2006: "Annotated check-list and distribution of the vascular plants of El Hierro, Canary Islands, Spain". *Englera*, 27:1-221.

TAKHTAJAN, A. 1986: *Floristic regions of the world*. Berkeley, California, University of California Press, 522 p.

VALDÉS, B., GIRÓN, V., SÁNCHEZ GULLÓN, E. & CARMONA, I. 2010: *Guía de las especies de interés de la flora de Doñana y su comarca*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla, 160 p.

VAN AUKEN, O.W. & MCKINLEY D.C. 2008: "Structure and composition of *Juniperus* communities", en Van Auker, O. W. (ed.): *Western North America*

Juniperus Communities. A Dynamic Vegetation Type. *Ecological Studies*, 196: 19-43, Springer, New York.

WHITTAKER, R.J. & FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. 2007: *Island Biogeography. Ecology, Evolution and Conservation*. 2nd ed. Oxford, Oxford University Press, Oxford, 402 p.

NUEVOS DATOS SOBRE EL PAISAJE DEL FUEGO EN CANTABRIA EN EL INICIO DEL HOLOCENO. ¿PAISAJE, CLIMA Y SOCIEDAD?

Marc Sánchez-Morales¹, Virginia Carracedo Martín², Juan Carlos García-Codrón³, Raquel Cunill-Artigas⁴, Albert Pèlach Mañosa⁵, Ramon Pérez-Obiol⁶ y Joan Manuel Soriano López⁷

^{1,4,5,7} *Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona*

^{2,3} *Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria*

^{1,6} *Unitat de Botànica, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona*

¹*marc.sanchez.morales@uab.cat*, ²*virginia.carracedo@unican.es*, ³*juan.garciacodron@unican.es*, ⁴*cunillraquel@gmail.com*, ⁵*albert.pelachs@uab.cat*, ⁶*ramon.perez@uab.cat*, ⁷*joanmanuel.soriano@uab.cat*

RESUMEN:

En el Holoceno el fuego ha condicionado el paisaje vegetal del norte de la península Ibérica. En concreto, la montaña Cantábrica ha demostrado ser un excelente laboratorio para estudiar los paleoincendios ya que el estudio de carbones sedimentarios ($> 150 \mu\text{m}$) ha aportado información sobre el régimen de incendios a nivel local. El objetivo principal del estudio es analizar las consecuencias del fuego en la historia ambiental y su impacto en el paisaje vegetal en la transición Tardiglacial-Holoceno. En esta comunicación se presentan nuevos datos a partir de dos registros sedimentarios cantábricos (turberas de La Molina y del Cueto de la Espina) que completan los datos disponibles de los últimos 6700 años y demuestran el papel ininterrumpido del fuego en los paisajes para los últimos 17550 años.

Palabras clave: Paleoincendios, Tardiglacial, Holoceno, Carbones y Paisaje.

ABSTRACT (New data about the landscape of fire in Cantabria in the early Holocene. Landscape, climate and society?):

Throughout the Holocene, fire has conditioned the vegetal landscape of the northern Iberian Peninsula. In particular, the Cantabrian mountain have proved to be an excellent laboratory for the study of past fires, since the study of

sedimentary charcoals ($> 150 \mu\text{m}$) has provided information about fire regime at a local level. The main objective of this research is to analyse the consequences of fire in the environmental history and its impact on the vegetal landscape during the Tardiglacial-Holocene transition. In this communication, new data from two Cantabrian sedimentary records (*La Molina* peat bog and *El Cueto de la Espina* peat bog) are presented, which complement the available data for the last 6700 years and demonstrate the uninterrupted contribution of fire on landscapes during the last 17550 years.

Keywords: Paleofires, Tardiglacial, Holocene, Charcoal and Landscape.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del Holoceno, los factores climáticos post-glaciales permitieron la colonización de distintas especies vegetales en zonas que quedaron inaccesibles durante la última glaciación. Estas dinámicas vegetales se han podido observar en el norte peninsular Ibérico mediante el estudio de registros polínicos, muchos de ellos recogidos en la síntesis de Ezquerro (2005).

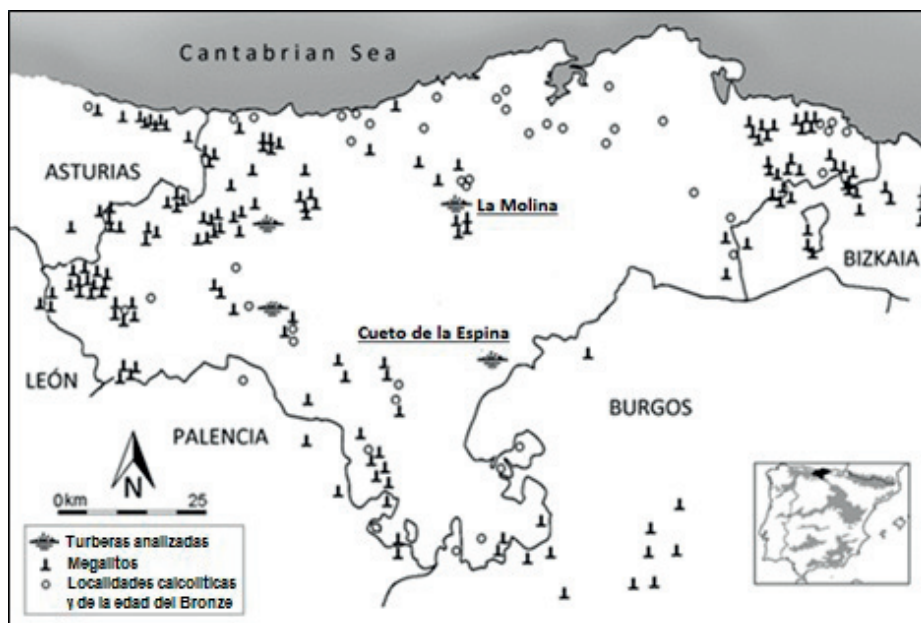
El clima también parece haber sido el mayor responsable de los incendios del norte peninsular durante la transición Tardiglacial-Holoceno. Fue durante el Neolítico que coincidiendo con la variabilidad climática intraholocena empiezan las actividades productivas por parte de la especie humana en forma de pastoreo y agricultura, y junto a ellas el uso del fuego ganó protagonismo debido a la necesidad de tener espacios abiertos. De tal modo el fuego se convirtió en el principal agente de cambio en las comunidades vegetales, llegando a quemar grandes masas de caducifolios en los montes de Cantabria.

En el trabajo de Pérez-Obiol et al. (2016) se estudió la dinámica vegetal a partir de un registro sedimentario de la turbera de La Molina (Puente Viesgo, Cantabria), con datación en base a 260 cm de 6740 años cal BP, y se estudiaron los indicadores polínicos, análisis de materia orgánica y carbones sedimentarios ($> 150 \mu\text{m}$). En esa localidad se identificaron grandes picos de incendios entre el inicio del Neolítico y la Edad del Bronce, aunque se pudieron hallar carbones sedimentarios durante toda la secuencia. Los grandes picos de incendios seguramente fueran el rastro de los llamados fuegos culturales, producto de la intervención humana ligada al cultivo de cereales y fabáceas a partir del Neolítico (Cortizas et al., 2005). Junto a ellos también se identificaron otras actividades antrópicas más recientes tales como la plantación de *Platanus* y *Eucalyptus*. Estas señales coinciden con la teoría de Hernández-Beloqui et al. (2015), quienes sugirieron que la antropización del paisaje fue constante durante el Holoceno tardío.

En el presente trabajo se ha estudiado la actividad antrópica en el norte peninsular mediante la utilización de carbones sedimentarios en dos registros sedimentarios cantábricos (Figura 1). El primero fue extraído en la turbera de La Molina, y aporta nuevos datos sobre la transición Tardiglacial-Holoceno en la localidad ya estudiada por Pérez-Obiol et al. (2016). El segundo registro sedimentario fue extraído en la turbera del Cueto de la Espina. Su estudio permite complementar información

relativa al uso del fuego durante el Holoceno tardío y la transición Tardiglacial y pensar en la evolución del paisaje vegetal.

Figura 1. Megalitos, localidades y restos calcolíticos y de la edad del Bronce y localización de las turberas citadas en el texto.



Fuente: Modificado a partir de Pérez-Obiol et al. (2016).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. MATERIAL DISPONIBLE

2.1.1. *La Molina*

Altitud: 484 m. Sedimento disponible: 10 maniobras extraídas mediante la técnica de extracción por ventanas, sumando un total de 4,99 m de longitud. Material: turba hasta los 3,5 m, transición turba – material mineralizado de 3,5 a 4 m y material mineralizado de 4 a 4,99 m. Datación de base a 4,99 m de 17750 años cal BP y a 4,51 m de 15350 años cal BP.

2.1.2. *Cueto de la Espina*.

Altitud: 1.113 m. Sedimento disponible: 3 maniobras de 2,55 m, 51 cm y 46 cm. Material: turba en la primera maniobra y material mineralizado en la segunda y tercera. Datación de base a la primera maniobra de 5880 años cal BP, de base a la

segunda maniobra de 13970 años cal BP y de base a la tercera maniobra de 14400 años cal BP.

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1. Carbones sedimentarios

Extracción de carbones sedimentarios según el protocolo de Carcaillet et al. (2001, 2007). Las muestras se trataron mediante una solución de hipoclorito sódico (15%) para la decoloración de las muestras y de KOH para la eliminación de materia orgánica, a una temperatura de 70°C durante 90 minutos. El recuento de carbones (> 150 µm) se realizó en una de cada dos muestras para un total de 315 muestras en El Cueto de la Espina y 651 en La Molina.

3. RESULTADOS

En el Cueto de la Espina los carbones sedimentarios llegan hasta un máximo de 14,79 mm²/g. A partir del recuento de carbones se han establecido distintas zonaciones (testigo con 315 muestras. Muestra 1 → *top*; Muestra 315 → *bottom* con datación basal a 5880 años cal BP):

1. Muestras de 315 a 229: Se establecen dos grandes picos de incendios con máximos de 14,79 y 10,76 mm²/g, separados entre sí por una franja de poca presencia de carbones con mínimos de 0 mm²/g.
2. Muestras de 228 a 197: Zona con poca presencia de carbones, con máximos de 0,44 mm²/g.
3. Muestras de 196 a 139: Zona con varios picos de carbones, con máximos de hasta 9,04 mm²/g y mínimos de 0,23 mm²/g.
4. Muestras de 138 a 117: Zona con pocos carbones, con máximos de 0,28 mm²/g.
5. Muestras de 116 a 105: Zona con 2 picos de incendios, uno de 10,39 y otro de 5,27 mm²/g. Mínimos de 0,17 mm²/g.
6. Muestras de 104 a 1: Zona con poca presencia de carbones, picos de baja intensidad con máximos de hasta 1,06 mm²/g. Mínimos de 0 mm²/g.

En la Molina el máximo de carbones sedimentarios es de 41,81 mm²/g y el mínimo de 0 mm²/g. También se han establecido distintas zonaciones (testigo con 651 muestras. Muestra 1 → *top*; Muestra 651 → *bottom* con datación basal a 17550 años cal BP):

1. Muestras de 651 a 353: Zona con presencia de carbones sin picos destacables. Máximos de hasta 1,7 mm²/g.
2. Muestras de 352 a 322: Zona con 2 picos de incendios, con máximos de 22,46 mm²/g y 41,81 mm²/g y mínimos de 0,18 mm²/g.
3. Muestras de 321 a 235: Zona sin picos de incendios, con máximo de 1,91 mm²/g y mínimo de 0 mm²/g.
4. Muestras de 234 a 73: Zona con varios picos de incendios con máximos de hasta 35,30 mm²/g y mínimos alrededor de 1 mm²/g. Muchas muestras

sobrepasan fácilmente los 10 mm²/g.

5. Muestras de 72 a 1: Zona con un último pico de incendio, con un máximo de 19,94 mm²/g y el resto de valores moviéndose sin llegar a pasar los 7 mm²/g.

En resumen, el estudio de los carbones sedimentarios en la turbera del Cueto de la Espina indica grandes picos de incendios desde la base de la primera maniobra (5880 años cal BP). Estos picos se repiten durante el Neolítico hasta épocas más cercanas con intensidad similar pero no se encuentran a partir de las muestras más superficiales.

Por otra parte, en el registro de La Molina se observan los picos de incendios desde la muestra 352 hasta el presente, siendo estos más intensos que en El Cueto de la Espina. Cabe destacar que en la transición Tardiglacial-Holoceno no se observan grandes picos de incendios, pero se registran carbones sedimentarios a lo largo de toda la secuencia hasta su final a 17550 años cal BP.

4. DISCUSIÓN

El papel del fuego en la configuración de los paisajes vegetales se está demostrando como uno de los principales valores explicativos en los estudios paleobotánicos. De tal forma su aporte científico se considera un dato complementario a los análisis polínicos y ha servido para caracterizar algunas de las perturbaciones ambientales detectadas a lo largo del Holoceno. Tanto su origen climático y/o antrópico como también su frecuencia e intensidad son temas de gran interés en la comunidad científica. Recientemente han empezado a haber interpretaciones para la vertiente norte del Pirineo (Rius et al., 2011, 2012), aunque son más escasas para la vertiente sur (Bal et al., 2011) y el Cantábrico (Pérez et al., 2016). Rius et al. (2011, 2012) señalaban cómo: 1) Durante 8500-5500 años cal BP la frecuencia de incendios es elevada (hasta 5 fuegos/500 años); 2) Entre 4000-3000 años cal BP las condiciones húmedas y frías llevan a una disminución en la frecuencia de incendios (a 0 fuegos/500 años); 3) A partir de 3000 cal BP y hasta hace 500 años cal BP, la frecuencia del fuego parece estar impulsada por actividades agropecuarias (4 fuegos/500 años).

En los dos registros presentados en esta comunicación y a falta de dataciones que permitan establecer modelos cronológicos precisos, los resultados indican que los carbones sedimentarios son más destacados a partir de las muestras que, por comparación con datos conocidos, deberían ser del Neolítico (primera etapa señalada por Rius et al. (2011, 2012)). Por lo tanto, los picos de carbones se dan a la vez que aumentan las actividades productivas humanas tales como el pastoreo y la agricultura en el Norte peninsular ibérico, y coinciden con la información aportada en el estudio del registro de La Molina de Pérez-Obiol et al. (2016). Posteriormente al Neolítico los valores ya no vuelven a ser tan altos en ninguna de las dos secuencias, aunque siguen apareciendo picos destacados. Las sucesivas etapas culturales hasta la Edad Media han mostrado como el fuego ha sido un gran aliado para abrir espacios forestales con árboles y mantener paisajes abiertos una vez la vegetación arbórea había desaparecido (Bal et al., 2011; Cunill et al., 2012; Feurdean et al., 2012;

Gil-Romera et al., 2014; Morales-Molino et al., 2013). En la zona Cantábrica, no existen muchos datos paleo-ecológicos que incorporen la señal de incendios y se desconocen las especies que han proporcionado combustible. Aun así, los resultados parecen confirmar el papel cultural en la ignición de los incendios como un factor clave en toda la historia. Cabe destacar que desde el inicio del Holoceno la influencia del fuego se ha contrastado con el paisaje y se ha vinculado a la disponibilidad de biomasa y a episodios climáticos (Power et al., 2008; Carcaillet et al., 2012; Feurdean et al., 2012; Gil-Romera et al., 2014). Anteriormente al Neolítico, los carbones están presentes desde la base de la secuencia de la Molina, pero con valores bajos. Por lo tanto, si con anterioridad al Neolítico el comportamiento sobre todo está ligado a pautas climáticas, estos incendios dejaron menor cantidad de carbón. No obstante, también existe la posibilidad que la sedimentación haya sido distinta entre un momento y el otro debido a la transición lacustre-palustre-turbera.

5. CONCLUSIONES

Los datos que se presentan podrían indicar que hubo incendios mayormente por “causas naturales”, que se remontan a 17550 años y siguen de forma más o menos continuada hasta el Neolítico en la Molina, siendo uno de los pocos testigos existentes en la transición Tardiglacial-Holoceno en el norte peninsular. Además, se ha localizado un incremento de incendios en el Neolítico, coincidiendo con una mayor actividad humana. Posteriormente, en épocas más recientes los picos de carbones siguen siendo constantes, aunque tienen menos intensidad que en el Neolítico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con la financiación de un proyecto coordinado por parte del Ministerio de Economía y Competitividad de España: “Estudio biogeográfico histórico comparado (Montaña Cantábrica, Sistema Central y Pirineos): 18000 años de cambios climáticos y antrópicos sobre especies forestales indicadoras” (CSO2015-65216-C2-1-P). El proyecto también cuenta con la financiación para formación de personal investigador (FPI; BES-2016-076641). Y con el respaldo del “Grup de Geografia Aplicada (2014 SGR 1090)”, financiado por AGAUR, Generalitat de Catalunya.

6. BIBLIOGRAFIA

- BAL, M.-C., PÈLACHS, A., PÉREZ-OBÍOL, R., JULIÀ, R. & CUNILL, R. 2011: “Fire history and human activities during the last 3300 cal yr BP in Spain's Central Pyrenees: the case of the Estany de Burg”. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 300:179-190.
- CARCAILLET, C., BOUVIER, M., FRÉCHETTE, B., LAROCHE, A.C. & RICHARD, P.J.H. 2001: “Comparison of pollen-slide and sieving methods in

lacustrine charcoal analysis for local and regional fire history". *Holocene*, 11:467-476.

CARCAILLET, C., BERGMAN, I., DELORME, S., HORNBERG, G. & ZACKRISSON, O. 2007: "Long-term fire frequency not linked to prehistoric occupations in northern Swedish boreal forest". *Ecology* 88 (2):465-477.

CARCAILLET, C., HÖRNBERG, G. & ZACKRISSON, O. 2012: "Woody vegetation, fuel and fire track the melting of the Scandinavian ice-sheet before 9500 cal yr BP". *Quaternary Research* 78(3): 540-548.

CORTIZAS, A. M., MIGHALL, T., POMBAL, X. P., MUNFOZ, J. N., VARELAL, E. P. & REBOLOL, R. P. 2005: "Linking changes in atmospheric dust deposition, vegetation change and human activities in northwest Spain during the last 5300 years". *The Holocene*, 15 (5):698-706.

CUNILL, R., SORIANO, J. M., BAL, M. C., PÈLACHS, A. & PÉREZ-OBIOL, R. 2012: "Holocene treeline changes on the south slope of the Pyrenees: a pedoanthracological analysis". *Vegetation history and archaeobotany*, 21 (4-5):373-384.

EZQUERRA-BOTICARIO, F.J. 2005: "Influencias antrópicas en la evolución de la vegetación en la montaña cantábrica: del Postglaciar al Neolítico", en *Actas IV Congreso Forestal Español*. <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/7102/7025>.

FEURDEAN, A., SPESSA, A., MAGYARI, E.K., WILLIS, K.J., VERES, D. & HICKLER, T. 2012: "Trends in biomass burning in the Carpathian region over the last 15,000 years". *Quaternary Science Reviews*, 45:111-125.

GIL-ROMERA, G., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., LASHERAS-ÁLVAREZ, L., SEVILLA-CALLEJO, M., MORENO, A., VALERO-GARCÉS, B., LÓPEZ-MERINO, L., CARRIÓN, J.S., PÉREZ-SANZ, A., ARANBARRI, J. & GARCÍA-PRIETO, E., 2014: "Biomass-modulated fire dynamics during the Last Glacial-Interglacial Transition at the Central Pyrenees (Spain)". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 402:113-124.

HERNÁNDEZ-BELOQUI, B., IRIARTE-CHIAPUSSO, M. J., ECHAZARRETA-GALLEGO, A. & AYERDI, M. 2015: "The Late Holocene in the western Pyrenees: A critical review of the current situation of palaeopalynological research". *Quaternary International*, 364: 78-85.

MORALES-MOLINO, C., GARCÍA-ANTÓN, M., POSTIGO-MIJARRA, J. M. & MORLA, C. 2013: "Holocene vegetation, fire and climate interactions on the westernmost fringe of the Mediterranean Basin". *Quaternary Science Reviews*, 59:5-17.

PÉREZ-OBIOL, R., GARCÍA-CODRON, J.C., PÈLACHS, A., PÉREZ-HAASE, A. & SORIANO, J.M. 2016: "Landscape dynamics and fire activity since 6740 cal yr BP in the Cantabrian region (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain)". *Quaternary Science Reviews*, 135 (1):65-78.

POWER, M.J.J., MARLON, N., ORTIZ, P.J., BARTLEIN, S.P., HARRISON, F.E., MAYLE, A., BALLOUCHE, R.H.W., BRADSHAW, C., CARCAILLET, C., CORDOVA, S., MOONEY, P.I., MORENO, I.C., PRENTICE, K., THONICKE, W., TINNER, C., WHITLOCK, Y., ZHANG, Y. & ZHAO, A. 2008: "Changes in fire regimes since the Last Glacial Maximum: an assessment based on a global

synthesis and analysis of charcoal data”. *Climate Dynamics*, 30:887–907.

RIUS, D., VANNIÈRE, B., GALOP, D. & RICHARD, H. 2011: “Holocene fire regime changes from multiple-site sedimentary charcoal analyses in the Lourdes basin (Pyrenees, France)”. *Quaternary Science Reviews* 30:1696-1709.

RIUS, D., VANNIÈRE, B. & GALOP, D. 2012: “Holocene history of fire, vegetation and land use from the central Pyrenees (France)”. *Quaternary Research* 77:54-64.

DISTRIBUCIÓN DIFERENCIAL DE GRANDES CETÁCEOS: RORCUAL Y CACHALOTE COMO CASO DE ESTUDIO

Estefanía Torreblanca Fernández¹, José Carlos Báez Barrionuevo², Juan Antonio Camiñas Hernández³, Raimundo Real Gimenez¹, David Macías López³ y Salvador García Barcelona³

¹*Grupo de investigación de Biogeografía, diversidad y conservación, Departamento de Biología Animal, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga*

²*Centro Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Canarias, Santa Cruz de Tenerife*

³*Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Málaga*

¹*stefawhitetower@gmail.com*, ²*granbaez_29@hotmail.com*, ³*juanantonio.caminas@ma.ieo.es*

RESUMEN:

El seguimiento de los grandes cetáceos resulta costoso y requiere de un gran despliegue técnico debido tanto al medio donde viven, como a las grandes distancias que recorren durante sus migraciones. Desde 1993 se han registrado avistamientos oportunistas de cachalote (*Physeter macrocephalus*) y rorcual (*Balaenoptera physalus*). El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de la distribución diferencial de estas especies en el Mediterráneo occidental y aguas contiguas a partir de estos datos. Para ello se ha realizado una regresión logística binaria por pasos hacia delante de los avistamientos de rorcual frente a los de cachalote en base a variables biogeográficas. De este modo, las presencias de una especie se han considerado como ausencias de la otra. Se obtuvo un modelo significativo con las variables latitud, distancia a rutas marítimas y plataforma continental con AUC= 0,848.

Palabras clave: Rorcual común, Cachalote, Regresión logística binaria, Avistamientos oportunistas, Distribución.

ABSTRACT (Differential distribution of large cetaceans: sperm whale and fin whale):

The study of large cetaceans is costly due to the environment where they live and their migrations. Since 1993 a dataset with opportunistic sightings of sperm and

fin whales has been recorded. The aim of this study is to expand the knowledge of the differential distribution of these species in the Western Mediterranean Sea and adjacent waters from this dataset. A binary logistic regression has been calculated in base of several biogeographic variables, being the presences of one species the absences of the other. A significant model was obtained with the following variables: latitude, distance to main shipping routes and continental shelf, with AUC= 0.848.

Keywords: Fin whale, Sperm whale, Binary logistic regression, Opportunistic sightings, Distribution.

1. INTRODUCCIÓN

Los mamíferos marinos son indicadores del estado de salud de los ecosistemas de los que dependen (Bureck et al., 2008), ya que tienen la capacidad de mostrar indirectamente cambios en la variabilidad y degradación de los ecosistemas marinos a gran escala. Por tanto existe un gran interés en su estudio (Torreblanca et al., 2016; Moura et al., 2012). En el Mar Negro y Mediterráneo se pueden observar 21 especies de cetáceos (Notarbartolo di Sciara, 2002), lo que supone el 23% de las especies a nivel mundial. Una de las características de los cetáceos es el gran tamaño que alcanzan algunas de las especies, conocidas comúnmente como ballenas. El rorcual común (*Balaenoptera physalus*, Linnaeus, 1758), un misticeto (es decir, que poseen dos espiráculos y barbas en lugar de dientes, que utilizan para filtrar el agua y alimentarse) que alcanza los 27 m de largo y el cachalote (*Physeter macrocephalus*, Linnaeus, 1758), el mayor de los odontocetos (es decir, que poseen un solo espiráculo y dientes) que alcanza los 20 m de largo, son las ballenas más comunes del Mediterráneo.

El rorcual es una especie cosmopolita que puede encontrarse prácticamente en todos los mares del mundo a excepción de algunas áreas frías de la costa de Perú (Reilly et al., 2013). Se encuentra “en peligro de extinción” a nivel mundial (Reilly et al. 2013) según la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), aunque la población del Atlántico Norte está en aumento. La población residente en el mar Mediterráneo, genéticamente diferente de la del norte del océano Atlántico (Palsbøll et al., 2004), está en declive y está catalogada como “vulnerable” (Panigada & Notarbartolo di Sciara, 2012).

El cachalote tiene una amplia distribución desde el ecuador hasta altas latitudes y se encuentra en la categoría “vulnerable” a nivel mundial según la Lista Roja de la UICN (Taylor et al., 2008). Parece que el cachalote se mueve a lo largo de toda la cuenca occidental (Carpinelli et al., 2014), lo cual sugiere que las poblaciones en el Mediterráneo conforman una población distinta de la del norte del océano Atlántico (Drouot et al., 2004). El estado de conservación del cachalote en el Mediterráneo presenta especial preocupación, ya que la subpoblación está catalogada como “en peligro” tanto por la UICN como ACCOBAMS (Notarbartolo di Sciara et al., 2012). La población de cachalotes del Mediterráneo tiene menos de 2500

individuos maduros (Notarbartolo di Sciara et al., 2012) y, a pesar de los esfuerzos de conservación que se están llevando a cabo, ha disminuido en los últimos 40 años (Coll et al., 2010).

El estado de conservación de ambas especies es preocupante debido a la acumulación de amenazas antropogénicas tales como choque con buques, captura accidental, ruido, contaminación e ingestión de microplásticos, y naturales tales como brotes de enfermedades (Fossi et al., 2016; de Stephanis et al., 2013; Panigada et al., 2006; Castellote et al., 2012; Notarbartolo di Sciara, 2013; Mazzariol et al., 2016). En este contexto de amenaza y falta de conocimiento sobre la biogeografía de estas especies, muchos autores señalan la necesidad de estudiarlas y monitorizarlas (Notarbartolo di Sciara 2013; Notarbartolo di Sciara et al. 2012; Gannier et al., 2002; Gannier & Praca 2007).

Generalmente los estudios sobre estas especies han estado centrados en la zona del Santuario Pelagos (Fiori et al., 2014; Tepsich et al., 2014), usando variables oceanográficas para modelar su distribución (Cañadas et al., 2002; Fiori et al., 2014; Gannier & Praca, 2007; Gannier et al., 2002). En cambio, nuestro estudio contempla un área mayor y variables antropogénicas que normalmente no se tienen en cuenta al modelar cetáceos. Por tanto hemos modelado la distribución observada de cachalotes y rorcuales para comprender la distribución diferencial de ambos grandes mamíferos migradores en el mar Mediterráneo occidental y aguas adyacentes. De esta forma se pretende aumentar el espectro de variables biogeográficas estudiadas introduciendo como novedad el factor antropogénico.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Desde 1993, el Instituto Español de Oceanografía (IEO) ha recopilado una base de datos con 122 avistamientos oportunistas (AO) de rorcuales y cachalotes. Los AO se definen como observaciones de grandes pelágicos migradores vivos sin un esfuerzo dirigido. Esto implica que los datos no tienen asociados medidas del esfuerzo de observación, por lo que son tratados como solo-presencia. En este sentido, si la presencia de un cetáceo es contrastada con la presencia de otro cetáceo en la misma base de datos, se disponen tanto de presencias como de ausencias contrastadas. Al incluir ausencias contrastadas, al modelar se evitan los problemas que producen otros métodos de modelización como ENFA o MaxEnt, que solo utilizan datos de presencias. Así, en el caso de ENFA, éste no es capaz de detectar las respuestas repetitivas subyacentes, identificando siempre respuestas gaussianas. Por otro lado, MaxEnt puede generar respuestas distintas al usar submuestras de la misma población, lo cual implica que los modelos generados no están directamente relacionados con la probabilidad de ocurrencia (Acevedo & Real, 2012).

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende desde 35° N a 43° N hasta 8,82° W a 15,42° E, quedando incluido el Mediterráneo occidental y el Golfo de Cádiz. Tanto el Mediterráneo como parte del Atlántico norte forman parte de la misma región biogeográfica marina denominada “*northern temperate*” (Lomolino et al., 2006). Coll

et al. (2010) definen la cuenca mediterránea como uno de los puntos calientes de biodiversidad marina. El Mar de Alborán y el Estrecho de Gibraltar suponen la zona de transición entre el Mediterráneo y el Atlántico. El Mar de Alborán tiene una alta diversidad de cetáceos y alta tasa de encuentro (Boisseau et al., 2010; Cañadas et al., 2002). Al norte de la subcuenca del Mediterráneo noroccidental está el Mar de Liguria, donde se sitúa el Santuario Pelagos para los mamíferos marinos del Mediterráneo establecido en 2002 por Francia, Italia y Mónaco. Está declarado ZEPIM (Zona Especialmente Protegida de Importancia para el Mediterráneo) debido a la diversidad y abundancia de cetáceos que alberga.

2.2. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Mediante regresión logística binaria (Hosmer & Lemeshow, 2000), se ha creado un modelo explicativo de la distribución diferencial del cachalote y el rorcual a partir de variables biogeográficas que se han dividido en cuatro factores, a saber: estación, ambiente, geográfico y antropogénico. Para la variable diana se han usado las presencias de cachalote (computadas como presencias) frente a las presencias de rorcual (computada como ausencia de cachalote), de forma que el rorcual quedaría codificado con 0 y el cachalote con 1. El modelo se ha calculado con el programa IBM-SPSS Statistic versión 19, ya que permite el uso de la regresión logística binaria por “pasos hacia delante”.

La capacidad predictiva del modelo final se ha evaluado con el test de Hosmer & Lemeshow, que compara la frecuencia observada con la frecuencia esperada para los AO. Para estimar la bondad del ajuste de cada modelo se usó el log-verosimilitud maximizada (Peng et al., 2002). La prueba Omnibus se usa para testar los modelos en cada paso y ver cuáles son significativos (Legendre & Legendre, 1998). La R^2 de Nagelkerke es un coeficiente de determinación que imita al usado en la regresión lineal, aunque no tiene sus mismas atribuciones (Peng et al., 2002). El test de Wald realiza un contraste de hipótesis sobre los parámetros y evalúa si las variables introducidas en el modelo son significativas (Peng et al., 2002). La capacidad de discriminación del modelo se ha evaluado con el área bajo la curva Operador/Receptor (AUC, por las siglas en inglés). Valores mayores a 0,9 (demasiado sensibles) se consideran extremadamente discriminantes entre presencia y ausencia y los menores de 0,7 no discriminan lo suficiente. Valores en torno a 0,8 mantienen un equilibrio entre la especificidad y la sensibilidad (Hosmer & Lemeshow 2000). Hosmer & Lemeshow (2000), consideran que el valor perfecto de AUC es 0,853. A partir de las variables explicativas se escogen los modelos significativos más parsimoniosos para cada especie, según el test Omnibus y el test de Wald, es decir, aquel que con un menor número de variables realiza una predicción más precisa de la frecuencia observada.

2.3. VARIABLES EXPLICATIVAS

Los AO carecen en su mayoría de medidas *in situ* asociadas, así que muchas de las variables explicativas utilizadas han sido estimadas *a posteriori* a partir una serie de variables que se suponen asociadas a la distribución de las especies en base a la bibliografía (Aïssi et al., 2014; Cañadas et al., 2002; Kiszka et al., 2007) y a los

medios disponibles. Para evitar incluir variables en el modelo por una relación espuria se testó su significación estadística con antelación, mediante el método conocido como FDR (False Discovery Rate) (Benjamini & Hochberg, 1995).

Las variables macroecológicas seleccionadas (Tabla 1) pretenden explicar los factores a gran escala que influyen en la distribución de estas especies, lo cual contrasta con las variables a pequeña escala que pueden estar relacionadas con las circunstancias que favorecen una observación en un momento determinado. Las variables a pequeña escala pueden ser obtenidas mediante métodos invasivos que puede alterar el comportamiento de los animales, o mediante teledetección, las cuales presentan un desfase temporal entre la observación y los datos provenientes de satélite (Redfern et al., 2006). Es por ello que estas variables no han sido contempladas en este estudio.

Tabla 1. Variables introducidas en el modelo.

Factor	Variables	Tipo	Abreviación	Unidad
Ambiental	Plataforma continental	Categórica, Binaria	PC	
	Distancia a la costa	Continua, Cuantitativa	DCo	Km
	Fase lunar	Categórica		
Estación	Primavera (21 marzo - 20 junio)	Categórica		Pri
	Verano (21 junio - 22 septiembre)			Ver
	Otoño (23 septiembre - 21 diciembre)			Oto
	Invierno (22 diciembre - 20 marzo)			Inv
Geográfico	Longitud	Continua, Cuantitativa	Lon	Grados
	Latitud	Continua, Cuantitativa	Lat	Grados
Antropogénico	Distancia a puertos	Continua, Cuantitativa	DP	Km
	Distancia a las principales rutas marítimas	Continua, Cuantitativa	DPRM	Km
	Distancia a ciudades	Continua, Cuantitativa	DCi	Km

Elaboración propia.

Variables ambientales:

- Plataforma continental (PC): Categórica y binaria. Consiste en conocer si los AO se produjeron o no sobre la plataforma continental, ya que podría condicionar el hábitat de las especies. Se ha usado la capa (<http://www.naturearthdata.com/downloads/10m-physical-vectors/10m-bathymetry/>) que delimita los 200 m de profundidad y el programa ArcGIS 10.1 para determinar qué avistamientos estaban en la plataforma y cuáles no.
- Distancia a la costa (DCo): Continua y cuantitativa. Mide el efecto de las áreas emergidas sobre el mar. A mayor distancia de la costa menor será la influencia del continente y mayor el predominio del ecosistema pelágico. Para calcular la distancia de cada avistamiento a la costa se ha usado la capa *coastline* de la página web (<http://www.naturearthdata.com/downloads/10m-physical-vectors/10m-coastline/>) y se ha usado la herramienta *Near* del programa ArcGIS 10.1.
- Fase lunar: Categórica. Para ver si la cantidad de luz nocturna o las mareas influyen en la probabilidad de avistamiento. Ésta variable ha sido estudiada para otras especies. Las fases son: Luna llena, cuarto creciente, cuarto menguante y luna nueva.
- Estación: Categórica. Se pretende ver si la probabilidad de observación varía a lo largo del año, que puede ser debido al comportamiento migratorio o reproductivo. Se introdujeron como variables independientes según el siguiente criterio: primavera del 21 de marzo al 20 de junio; verano del 21 de junio al 22 de septiembre; otoño del 23 de septiembre al 21 de diciembre; invierno del 22 de diciembre hasta el 20 de marzo.

Variables geográficas:

- Longitud en grados (Lon): Continua y cuantitativa. Se obtiene durante el avistamiento, que determina la posición relativa respecto a accidentes geográficos.
- Latitud en grados (Lat): Continua y cuantitativa. Se obtiene durante el avistamiento. Determina la situación respecto a accidentes geográficos o la cantidad de energía solar que llega a un punto.

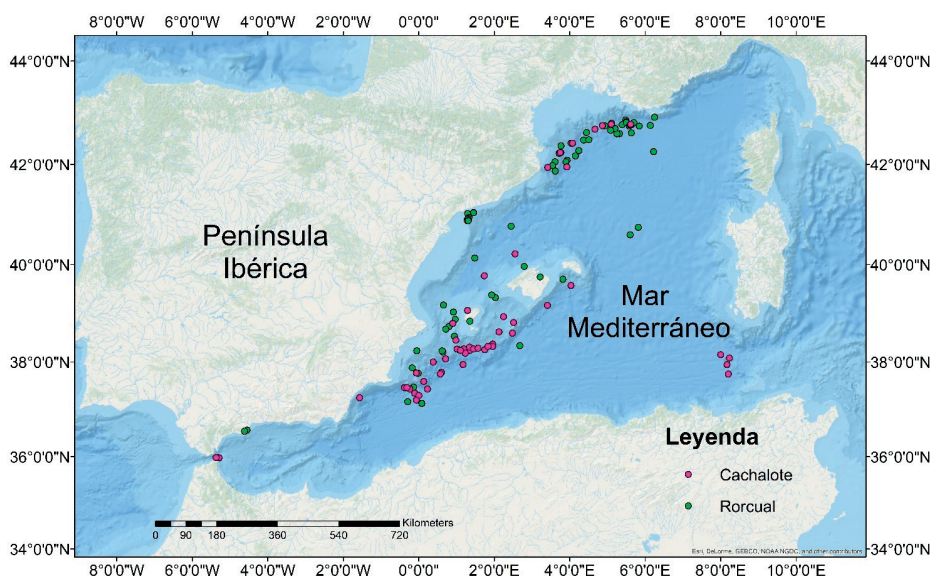
Variables antropogénicas:

- Distancia a puertos (DP): Continua y cuantitativa. Se pretende evaluar si existe alguna interacción antropogénica con actividades como la pesca o la navegación deportiva. A partir de la capa de puertos obtenida de GEBCO se ha calculado la distancia en kilómetros de los AO al puerto más cercano con ArcGIS 10.1.
- Distancia a las principales rutas marítimas (DPRM): Continua y cuantitativa. Evalúa si los grandes buques comerciales afectan a la distribución de cetáceos. A partir de Google Maps se ha generado una capa con las rutas marítimas más importantes de la zona estudiada. Se ha calculado con ArcGIS 10.1 la distancia en kilómetros desde los AO a la ruta más cercana.
- Distancia a ciudades (DCi): Continua y cuantitativa. La finalidad es testar si las grandes urbes condicionan la probabilidad de avistamiento en las zonas cercanas. Se ha creado una capa con las ciudades de más de 100000 habitantes que hay en la zona estudiada, y con ArcGIS 10.1 se ha calculado la distancia en kilómetros de cada avistamiento a las mismas.

3. RESULTADOS

De los 122 registros analizados, un total de 70 AO pertenecen a rorcuales y 52 a cachalote (figura 1). Se ha obtenido un modelo explicativo significativo con resultados interesantes y coherentes. En esos modelos se han identificado los principales factores (de los contemplados en este estudio) que influyen en la distribución de las observaciones a partir de los cuales podemos inferir qué afecta a la distribución espacial de ambas especies, y por tanto, mejorar el conocimiento de su ecología.

Figura 1. Avistamientos oportunistas de rorcual común y cachalote analizados. Los puntos verdes representan los avistamientos de cachalote y los puntos morados los de rorcual común. Estos avistamientos han sido realizados entre 1993 y 2014.



Fuente: Esri, DeLorme, GEBCO, NOAA, NGDC y otros.

La probabilidad de avistamiento calculada a partir del modelo no alcanza en ningún caso valores superiores a 0,5, lo cual implica también que el avistamiento es sí es un evento de baja probabilidad. Se obtuvo una relación significativa múltiple (Omnibus test $\chi^2=48,493$; g.l.=3; $P<0,001$) y mostró diferencias significativas entre los valores predichos y observados (Hosmer & Lemeshow $\chi^2=4,881$; g.l.=8; $P=0,77$) de acuerdo a la función de conexión logit:

$$y = 17,866 + 0,012 * DPRM + 3,036(\text{si el AO no está en la plataforma}) - 0,541 * Lat$$

Todos los parámetros son significativos ($\alpha=0,05$) según el test de Wald (Tabla 2), a excepción del DPRM, que es cuasignificativo con $\alpha=0,051$. Tiene una R^2 de Nagelkerke de 0,441 y una AUC muy buena, 0,848 que se acerca al valor ideal de

0,853 con lo que la capacidad de discriminación del modelo es alta. La verosimilitud es 117,970 y baja en relación al paso anterior, lo que indica que el modelo se ajusta bien a los datos.

Tabla 2. Test de Wald.

Variable	Valor del parámetro	Error estándar	Wald	gl	Significación
Lat	-0,541	0,113	22,875	1	<0,001
PC	3,036	1,101	7,610	1	0,006
DPRM	0,012	0,006	3,805	1	0,051
Constante	17,866	4,522	15,611	1	<0,001

Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

El modelo explicativo obtenido sugiere que los cachalotes son más sensibles a las rutas marítimas que los rorcuales, lo que introduce un factor antropogénico. Por otro lado es más probable observar un cachalote fuera de la plataforma que un rorcual. Muchos autores señalan la importancia que tiene la batimetría en la idoneidad del hábitat para el cachalote (Gannier et al., 2002), el cual es avistado principalmente en aguas profundas (Boisseau et al., 2010). En este sentido, de todos los avistamientos de cachalote, solo uno fue divisado en la plataforma continental.

La existencia de una distribución diferencial entre ambas especies en la zona de estudio queda patente en el modelo, que sitúa al rorcual más al norte respecto al cachalote. Esto podría deberse al hecho de que la mayoría de avistamientos de rorcual están centrados en una zona concreta (el 77,14% de los avistamientos de rorcual se encuentran en el Mediterráneo noroccidental) y en un periodo de tiempo concreto. Esta área es colindante al Santuario Pelagos, donde la abundancia de esta especie es mayor.

Numerosos estudios de la distribución de cetáceos han sido basados en AO procedentes de diferentes plataformas oportunistas de observación (Moura et al., 2012; Kiszka et al., 2007) con la finalidad de investigar cetáceos ya que los AO pueden proporcionar información relevante (Torreblanca et al., 2016), a pesar del bajo coste que supone su adquisición (Fiori et al., 2014; Moura et al., 2012). La naturaleza críptica de ambas especies dificulta su detección y por tanto dificulta su estudio, lo cual supone altos costes a la hora de estudiar su distribución. La realización de estudios sistemáticos es difícil y muy costosa dado el medio en el que viven. Por ello, cualquier fuente de información, como pueden ser los AO, es valiosa.

En general el modelo presenta baja probabilidad, lo cual es debido a que el avistamiento de un cetáceo es, en sí mismo, un evento de baja probabilidad. Además, hay otros factores, tales como condiciones de visibilidad, estado de la mar,

condiciones del barco para el avistamiento (altura de la cubierta, objetos o estructuras que impidan observar el horizonte) y condiciones ecológicas *in situ* (temperatura superficial del mar, concentración de nutrientes, tiempo de permanencia de las especies en superficie, o recursos alimenticios durante los avistamientos y no avistamientos) que no se han tenido en cuenta en este estudio y que podrían explicar mejor la probabilidad de realizar un avistamiento. No obstante, nuestros resultados en un contexto macroecológico ponen de manifiesto los factores que determinan la observación diferencial de una especie frente a la otra.

Recomendamos seguir obteniendo datos de AO para continuar generando conocimiento y como método económico de monitorización de cambios que pueden producirse en las poblaciones de estas especies amenazadas. Este proceso de toma de datos debe mantenerse en el tiempo, ya que los ecosistemas son cambiantes, y más en la situación actual de cambio global.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Centro Oceanográfico de Málaga del Instituto Español de Oceanografía la cesión de los datos proporcionados para este estudio, así como a los voluntarios y observadores a bordo por el esfuerzo altruista mostrado en la recolección de observaciones. Finalmente, agradecer a *Soroptimist Internacional* por la beca de posgrado otorgada a Estefanía Torreblanca.

5. REFERENCIAS

- ACEVEDO, P. & REAL, R. 2012: "Favourability: concept, distinctive characteristics and potential usefulness". *Die Naturwissenschaften*, 99:515-522.
- AÏSSI, M., OUAMMI, A., FIORI, C. & ALESSI, J. 2014: "Modelling predicted sperm whale habitat in the central Mediterranean Sea: Requirement for protection beyond the Pelagos Sanctuary boundaries". *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(1), 50-58.
- BENJAMINI, Y. & HOCHBERG, Y. 1995: "Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing". *Journal of the Royal Statistic Society*, 57:289-300.
- BOISSEAU, O., LACEY, C., LEWIS, T., MOSCROP, A., DANBOLT, M. & MCLANAGHAN, R. 2010: "Encounter rates of cetaceans in the Mediterranean Sea and contiguous Atlantic area". *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(8):1589-1599.
- BUREK, K.A., GULLAND, F.M.D. & O'HARA, T.M. 2008: "Effects of climate change on arctic marine mammal health". *Ecological Applications*, 18(2):126-134.
- CAÑADAS, A., SAGARMINAGA, R. & GARCÍA-TISCAR, S. 2002: "Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain". *Deep Sea Research Part I*, 49:2053-2073.
- CARPINELLI, E., GAUFFIER, P., VERBORGH, P., AIROLDI, S., DAVID, L., DI-MÉGLIO, N., CAÑADAS, A., FRANTZIS, A., RENDELL, L., LEWIS, T., MUSSI, B., PACE, D.S. & DE STEPHANIS, R. 2014: "Assessing sperm whale

(*Physeter macrocephalus*) movements within the western Mediterranean Sea through photo-identification". *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(Suppl.1), 23–30.

CASTELLOTE, M., CLARK, C.W. & LAMMERS, M.O. 2012: "Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise". *Biology Conservation*, 147:115–122.

COLL, M., PIRODDI, C., STEENBEEK, J., KASCHNER, K., LASRAM, F., AGUZZI, J., BALLESTEROS, E., BIANCHI, C., CORBERA, J., DAILIANIS, T., DONOVARO, R., ESTRADA, M., FROGLIA, C., GALIL, B., GASOL, J., GERTWAGEN, R., GIL, J., GUILHAUMON, F., KESNER-REYES, K., KITSOS, M., KOUKOURAS, A., LAMPADARIOU, N., LAXAMANA, E., LÓPEZ-FÉ DE LA CUADRA, C., LOTZE, H., MARTIN, D., MOUILLOT, D., ORO, D., RAICEVICH, S., RIUS-BARILE, J., SAIZ-SALINAS, J., SAN VICENTE, C., SOMOT, S., TEMPLADO, J., TURON, X., VAFIDIS, D., VILLANUEVA, R. & VOULTSIADOU, E. 2010: "The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats". *PLoS ONE*, 5(8):e11842.

DE STEPHANIS, R., GIMENEZ, J., CARPINELLI, E., GUTIERREZ-EXPOSITO, C. & CAÑADAS, A. 2013: "As main meal for sperm whales: plastics debris". *Marine Pollution Bulletin*, 69(1–2):206–214.

DROUOT, V., BÉRUBÉ, M., GANNIER, A., GOOLD, J. C., REID, R. J., & PALSBOØLL, P. J. 2004: "A note on genetic isolation of Mediterranean sperm whales (*Physeter macrocephalus*) suggested by mitochondrial DNA". *Journal of Cetacean Research and Management*, 6, 29–32.

FIORI, C., GIANCARDO, L., AÏSSI, M., ALESSI, J. & VASSALLO, P. 2014: "Geostatistical modelling of spatial distribution of sperm whales in the Pelagos Sanctuary based on sparse count data and heterogeneous observations". *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(Suppl.1), 41–49.

FOSSI, M.C., MARSILI, L., BAINI, M., GIANNETTI, M., COPPOLA, D., GUERRANTI, C., CALIANI, I., MINUTOLI, R., LAURIANO, G., FINOIA, M.G., RUBEGNI, F., PANIGADA, S., BÉRUBÉ, M., URBÁN, J. & PANTI, C. 2016: "Fin whales and microplastics: The Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios". *Environmental Pollution*, 209:68–78.

GANNIER, A., DROUOT, V. & GOOLD, J.C. 2002: "Distribution and relative abundance of sperm whales in the Mediterranean Sea". *Marine Ecology Progress Series*, 243:281–293.

GANNIER, A. & PRACA, E. 2007: "SST fronts and the summer sperm whale distribution in the north-west Mediterranean Sea". *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87:187–193.

HOSMER, D. & LEMESHOW S. 2000: *Applied Logistic Regression*, 2^a Edition. New York; Chichester, Wiley.

KISZKA, J., MACLEOD, K., VAN CANNEYT, O., WALKER, D. & RIDOUX, V. 2007: "Distribution, encounter rates, and habitat characteristics of toothed cetaceans in the Bay of Biscay and adjacent waters from platform-of-opportunity Data". *ICES Journal of Marine Science* 64, 1033–1043.

LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998: *Numerical Ecology*, 2^a Edition. Elsevier Science, B.V. Amsterdam.

LOMOLINO, M.V., RIDDLE, B.R. Y BROWN, J.H. 2006: *Biogeography*, 3^a Edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA (USA).

MAZZARIOL, S., CENTELLEGGHE, C., BEFFAGNA, G., POVINELLI, M., TERRACCIANO, G., COCUMELLI, C., PINTORE, A., DENURRA, D., CASALONE, C., PAUTASSO, A., DI FRANCESCO, C.E. & DI GUARDO, G. 2016: "Mediterranean Fin Whales (*Balaenoptera physalus*) Threatened by Dolphin MorbilliVirus". *Emerging Infectious Diseases*, 22(2):302-305.

MOURA, A., SILLERO, N. & RODRIGUES, A. 2012: "Common dolphin (*Delphinus delphis*) habitat preferences using data from two platforms of opportunity". *Acta Oecologica*, 38:24-32.

NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. 2002: *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies*. A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco, February 2002, 219 pp.

NOTARBARTOLO DI SCIARA, G., FRANTZIS, A., BEARZI, G. & REEVES, R. 2012: "*Physeter macrocephalus* (Mediterranean subpopulation)". *The IUCN Red List of Threatened Species*, Versión 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 28 December (2014).

NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. 2013: "Sperm whales, *Physeter macrocephalus*, in the Mediterranean Sea: a summary of status, threats, and conservation recommendations". *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(Suppl. 1):4-10.

PALSBOÛLL, P.J., BÉRUBÉ, M., AGUILAR, A., NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. & NIELSEN, R. 2004: "Discerning between recurrent gene flow and recent divergence under a finite-site mutation model applied to North Atlantic and Mediterranean Sea Fin Whale (*Balaenoptera Physalus*) populations". *Evolution*, 58(3):670-675.

PANIGADA, S., PESANTE, G., ZANARDELLI, M., CAPOULADE, F., GANNIER, A. & WEINRICH, M.T. 2006: "Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes". *Marine Pollution Bulletin*, 52:1287-98.

PANIGADA, S. & NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. 2012: "*Balaenoptera physalus* (Mediterranean subpopulation)". *The IUCN Red List of Threatened Species*, Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 28 December (2014).

PENG, C., LEE, K. & INGERSOLL, G. 2002: "An Introduction to Logistic Regression Analysis and Reporting". *The Journal of Educational Research*, 91(1):3-14.

REDFERN, J. V., FERGUSON, M. C. BECKER, E. A., HYRENBACH, K. D., GOOD, C., BARLOW, J., KASCHNER, K., BAUMGARTNER, M.F., FORNEY, K.A., BALLANCE, L.T., FAUCHALD, P., HALPIN, P., HAMAZAKI, T., PERSHING, A.J., QIAN, S.S., READ, A., REILLY, S.B., TORRES, L. & WERNER, F. 2006: "Techniques for cetacean-habitat modeling". *Marine Ecology Progress Series*, 310:271-295.

REILLY, S., BANNISTER, J., BEST, P., BROWN, M., BROWNELL R., BUTTERWORTH, D., CLAPHAM, P., COOKE, J., DONOVAN, G., URBÁN, J. & ZERBINI, A. 2013: *Balaenoptera physalus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, Versión 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 21 December (2014).

TAYLOR, B., BAIRD, R., BARLOW, J., DAWSON, S., FORD, J., MEAD, J., NOTARBARTOLO DI SCIARA, G., WADE, P. & PITMAN, R.L. 2008: "*Physeter macrocephalus*". *The IUCN Red List of Threatened Species*, Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 21 December (2014).

TEPSICH, P., ROSSO, M., HALPIN, P.N. & MOULINS, A. 2014: "Habitat preferences of two deep-diving cetacean species in the northern Ligurian Sea". *Marine Ecology Progress Series*, 508:247–260.

TORREBLANCA, E., BÁEZ, J.C., BELLIDO, J.J., MACÍAS, D., GARCÍA-BARCELONA, S., REAL, R. & CAMIÑAS, J.A. 2016: "El Estrecho de Gibraltar como barrera biogeográfica en la distribución y abundancia de especies marinas: los casos del calderón común y calderón gris", en Gómez, J., Arias, J., Olmedo, J.A. & Serrano, J.L. (eds.) *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*. Castellón, Tundra Ediciones, pp. 164-171.

EFFECTOS DIFERENCIALES SOBRE LOS ALMACENES DE CARBONO DE DOS GESTIONES FORESTALES EN CASTAÑOS: LECCIONES DEL SABER ECOLÓGICO TRADICIONAL Y SU RELACIÓN CON LAS QUEMAS PRESCRITAS

Gonzalo Zavala Espiñeira¹, Francisco Seijo² y Blanca Céspedes González³

¹*Dpto. Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha*

²*IE School of International Relations*

³*New Mexico Highlands University*

¹*gonzalo.zavala@uclm.es*, ²*fseijo@faculty.ie.edu*, ³*bcespedes@nmbu.edu*

RESUMEN:

Se compararon los almacenes aéreos de carbono en dos tipos de castaños. En el primero de ellos se mantienen las prácticas de quemas y tratamientos basados en el conocimiento ecológico tradicional, promoviendo un bosque abierto, de baja densidad y dominado por árboles viejos (>100 años). En el segundo tipo, las prácticas tradicionales han desaparecido y la sucesión ecológica ha llevado a bosques abandonados, muy cerrados y con alta densidad de pequeños árboles y retoños. Usando muestreos de campo y ecuaciones alométricas, se han estimado los acúmulos de carbono de partes aéreas cuyas diferencias indican que los castaños con manejo tradicional son más eficientes en el secuestro de carbono. Por esta razón, abogamos por la implementación de quemas prescritas que simulen el manejo tradicional de los castaños.

Palabras clave: Gestión Forestal, Castaños, quemas prescritas, almacenes de carbono, peligro de incendio.

ABSTRACT (Differential Effects on carbon stocks and fire risk of two chestnut forest management: insights from traditional ecological knowledge based occupational burning and its relation to prescribed burning):

We compared aboveground carbon stocks in two types of chestnut forests. In the first site, Traditional Ecological Knowledge (TEK) based burning and forest management practices are still widespread, resulting an "open canopy", low density forest groves dominated by old growth (>100 year old) chestnut trees. In the second

site, traditional burning disappeared and natural ecological succession processes have resulted in abandoned, high-density “closed canopy” stands dominated by young chestnut tree saplings. The use of in-the-field monitoring methods to estimate, through allometric equations, aboveground carbon stocks yielded results that suggest that carbon sequestration is more efficient in the traditionally managed chestnut forest stands. We argue that future fire management of abandoned stands and maintenance of traditional forest stands ought to be implemented through surrogate prescribed burning plans.

Keywords: Chestnut forests management, prescribed burning, carbon stocks, fire risk

1. INTRODUCCIÓN

El modelo de transición forestal (*Forest Transition Model*, FTM) teoriza que la cubierta forestal aumenta a medida que las sociedades se industrializan y urbanizan (Mather, 1992). Esta asunción surge de la hipótesis no corroborada de que, a medida que la población rural mengua, la masa forestal aumenta y la biomasa por hectárea y la fijación de carbono también se incrementan implícitamente (Mather and Needle, 1998; Houghton et al., 2000; Rudel et al., 2005; Angelsen and Rudel, 2013). Basándose en el conocimiento convencional generado por teorías de este tenor, las políticas europeas ligadas a la mitigación del cambio climático han buscado incentivar la forestación y reforestación de tierras. De hecho, estas políticas se han establecido firmemente como estrategias primordiales de “bajo coste” de mitigación de los efectos previsibles del cambio climático, a pesar de que la evidencia empírica que sustenta el modelo FTM se ha obtenido fundamentalmente de unas pocas experiencias europeas y asiáticas (Rudel et al., 2005; Stern, 2007; Barbier et al., 2009; Angelsen and Rudel, 2013). Los países europeos, en particular, han visto extenderse sustancialmente su cobertura forestal a medida que se industrializaban y hacían más urbanas sus economías, corroborando aparentemente los asertos principales del modelo FTM (Fuchs et al., 2014; European Environmental Agency, 2015). Sin embargo, a pesar de que dicho modelo proporciona un análisis válido de las interconexiones entre los procesos del desarrollo económico a gran escala y las tendencias de la cobertura forestal, también parece mostrar ciertas limitaciones sobre el incremento potencial del secuestro de carbono derivado de la expansión de los bosques (Oliveira et al., 2017). Estas limitaciones están a menudo relacionadas con la omisión del papel que juega el fuego dentro del régimen de perturbaciones en muchos de los ecosistemas terrestres del sistema global (Chapin et al., 2000; Hurteau et al., 2008; Oliveira et al., 2017). En efecto, algunos estudios han apuntado que, a medida que los bosques se extienden, también aumenta la frecuencia e intensidad de incendios que pueden dar lugar a una retroalimentación positiva indeseada con el cambio climático (Stephens et al., 2014). Estas retroalimentaciones podrían contribuir al incremento de la emisión de gases de efecto invernadero desde el sector forestal a pesar de la expansión neta de la cobertura boscosa (Chapin et al., 2008; Hurteau et al., 2008 and 2014; San Miguel-Ayanz et al., 2009; Batllori et

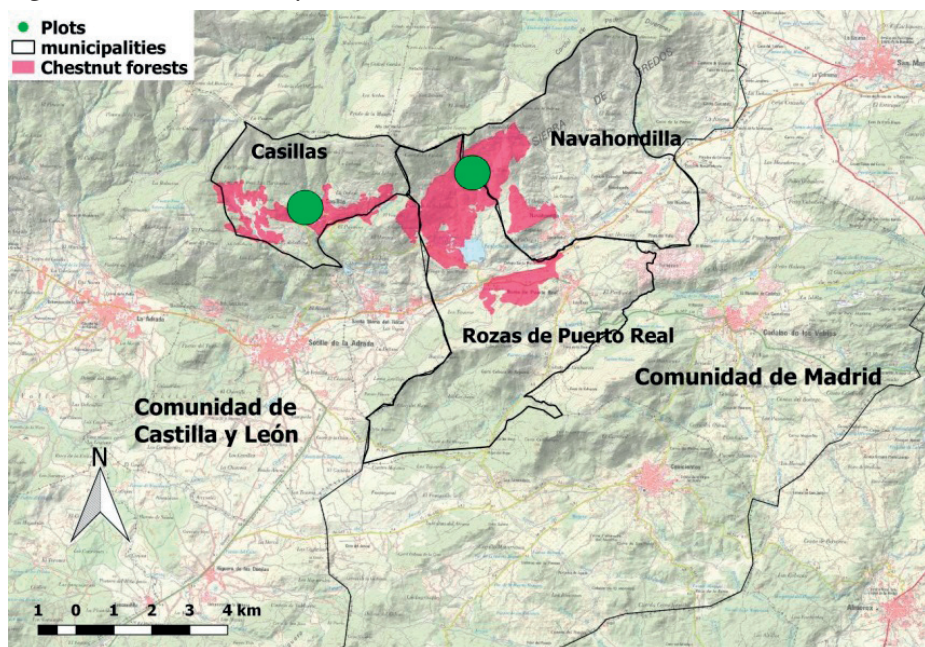
al., 2013; IPCC AR5, 2014; Stephens et al., 2014; Stephens et al., 2016; Oliveira et al., 2017).

En este trabajo se exploran estas hipótesis sobre la transición forestal en castañares a través del estudio desarrollado en dos localizaciones en España central y que pueden ser considerados como representativos de las tendencias generales en Europa (Conedera et al., 2016). Específicamente hemos comparado los almacenes de las partes aéreas en dos ecosistemas de castañar con regímenes de incendio diferentes y estrategias de manejo asociadas con sistemas socioeconómicos con marcadas diferencias de desarrollo (Seijo and Gray, 2012).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos castañares (*Castanea sativa* Mill.) situados en las localidades de Casillas y Rozas de Puerto Real ("Rozas"), ubicadas en la falda de las montañas de Gredos (España central) (Fig. 1). La recolección de datos se realizó en el verano de 2016 en bosques de orientación sur-sureste, en el rango de elevación entre los 900-1100 m tanto en Casillas ($40^{\circ} 19'N$ y $4^{\circ} 34'W$), comunidad autónoma de Castilla y León, y en el límite de Rozas de Puerto Real ($40^{\circ} 18' N$ y $4^{\circ} 29'W$), Comunidad Autónoma de Madrid.

Figura 1. Área de estudio y su localización.



Estos municipios son contiguos geográficamente, pero separados por un límite político entre comunidades autónomas que da lugar a un gran contraste en las estrategias de gestión forestal aplicadas. La selección del sitio fue determinada por

estudios previos (Seijo et al., 2015 y 2017) basados en los niveles de desarrollo económico contrastados de ambos municipios y, especialmente, en la diferente estructura forestal de castañares, así como en la desigual implementación de políticas de exclusión de incendios de ambas comunidades autónomas (Seijo et al., 2015 y 2017).

Con base en esos estudios, seleccionamos para el análisis rodales clasificados como “tradicionales” (aquellos bosques de castaño abiertos y claros, con árboles grandes y viejos, y baja cobertura de sotobosque, que representan la producción de castaña mantenida por comunidades locales a través de la quema anual de pilas de hojarasca) ubicados en Casillas. En Rozas, las zonas de muestreo seleccionadas fueron clasificadas como “no gestionados” o “abandonados”, refiriéndose a aquellos bosques de cobertura muy cerrada y muy densos, dominados por árboles jóvenes que rebrotaron de los sistemas de raíces de los viejos bosques talados (que denominaremos en lo sucesivo como “abandonadas”).

Las comunidades locales en Casillas aún llevan a cabo prácticas tradicionales de uso de fuego basadas en el conocimiento ecológico tradicional (TEK) para promover una estructura de bosques de castaño abiertos, a través de su mantenimiento y aplicación anual de quemas prescritas. En este sitio, se han aplicado políticas de exclusión de incendios menos intensas que en el sitio adyacente de Rozas (Seijo y Gray, 2012; Seijo et al., 2015 y 2017). En Rozas, el uso tradicional de fuego ha desaparecido prácticamente debido al abandono rural del territorio. Además, las políticas de exclusión de incendios se aplican con mayor intensidad en Rozas debido a la mayor autonomía de la comunidad autónoma de Madrid (Seijo et al., 2015).

En el verano de 2016, tomamos muestras en rodales de bosques monoespecíficos de castaños desarrollados bajo las dos diferentes estrategias de manejo aplicadas en los dos (Figura 1). En cada sitio se establecieron 3 parcelas circulares (15 m de radio), registrando sus coordenadas GPS en su punto central. Dentro de cada parcela, se midieron los perímetros a la altura del pecho (1.3 m) de todos los árboles con un diámetro mayor a 5 cm. Posteriormente, la estructura forestal fue reconstruida siguiendo las clases diamétricas del Inventario Nacional de España (5 cm de rango para determinar la densidad de árboles por hectárea). Las alturas de árboles se estimaron usando datos LiDAR descargados del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), alojado y realizado por el Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento del Gobierno de España. A partir de las alturas normalizadas, es decir, la diferencia entre la elevación de la copa y la elevación del terreno, se usó el percentil 95 como el valor más fiable para las alturas de los árboles para cada punto.

En este estudio estimamos la biomasa aérea total de los bosques de castaños aplicando cinco ecuaciones alométricas diferentes (ver Ruiz-Peinado et al., 2012; Menéndez-Miguélez et al., 2013; Patrício et al., 2005; Montero et al., 2005 y Leonardí et al., 1996), considerando como variables explicativas el diámetro y, en dos casos, también la altura del árbol. Algunos de los modelos se han aplicado ampliamente en los últimos 20 años en proyectos relacionados con la acumulación de biomasa y dinámicas del carbono (Ruiz-Peinado et al., 2012; Montero et al., 2013, Herrero y Zavala, 2015). En el presente estudio, la biomasa total estimada

para cada parcela se calculó sumando todas las estimaciones individuales de biomasa aérea de árboles dentro de ella. El contenido de carbono se estableció en el 48.4% del total de la estima de biomasa aérea (Montero et al.2005). El almacenamiento total de carbono en la superficie por parcela, árbol y hectárea también se calculó a partir de esos cinco valores estimados.

Para extrapolar y dar robustez a nuestros resultados se compararon las 5 estimaciones con un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Los valores de P se consideraron estadísticamente significativos cuando $P \leq 0.1$ y se muestran en la tabla 2. Los análisis estadísticos se realizaron con el software R (R Development Core Team, 2008). La comparación gráfica del resultado de las cinco ecuaciones alométricas aplicadas se presenta como la media de las 3 parcelas para cada tipo de estrategia de manejo. Las barras de error se refieren al error estándar, ya que el valor de cada gráfico representa la suma de la biomasa de todos los árboles (Fig.2).

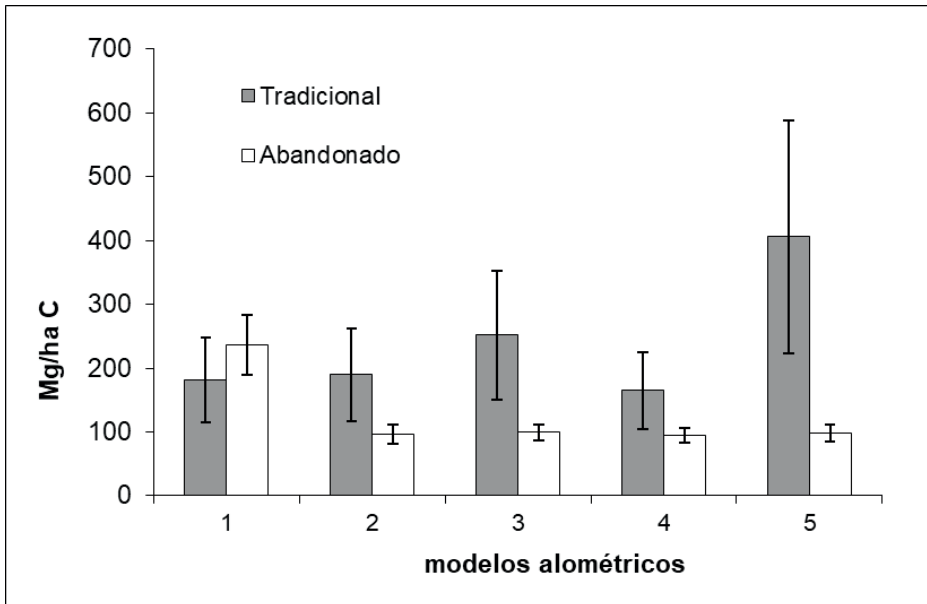
3. RESULTADOS

Se midieron un total de 84 árboles en las 3 parcelas de gestión tradicional en Casillas y 1039 en las 3 de Rozas. Los datos muestran una estructura forestal completamente diferente. El manejo forestal tradicional (TEK) muestra una baja cobertura y baja densidad arbórea en los rodales, contraria a la encontrada en las parcelas abandonadas. En las parcelas de Casillas hay una media de 80.2 ± 8 árboles por hectárea, mientras que en las no manejadas de Rozas la densidad alcanzó 5074.1 ± 829 árboles por hectárea. Las clases diamétricas de tamaño también fueron diferentes para ambas estrategias de gestión. En las parcelas de Casillas, los diámetros de los árboles variaban entre 16 cm y 159 cm, pero la mayoría de los árboles individuales eran muy grandes. En Rozas los árboles eran mucho más pequeños, siendo el mínimo diámetro observado (aunque no considerado) de 1 cm para el árbol más pequeño, mientras que el árbol más grande tenía solo 24 cm de diámetro. Estas diferencias en la estructura forestal de los rodales promueven cambios notables en la densidad de la copa que claramente influyen en las condiciones micro-ambientales y la presencia de otras especies en el sotobosque. Por lo tanto, no es de extrañar que la riqueza máxima de especies registradas en las parcelas forestales de uso tradicional y con estructura abierta, ascendió a 35 especies diferentes (principalmente herbáceas), mientras que en las parcelas abandonadas, con mayor densidad de árboles y de dosel cerrado, se registraron 8 especies herbáceas. La densidad arbórea registrada bajo gestión forestal tradicional en nuestro estudio, se corresponden a los valores medios de densidad de árboles registrados para las áreas de manejo tradicionales. Sin embargo, las parcelas abandonadas mostraron densidades arbóreas muy altas situadas en los rangos superiores de los valores descritos en la literatura para península Ibérica, o incluso, en los datos registrados para aquellos rodales dedicados a la producción intensiva de madera orientada a la industria (Prada et al., 2016). Sin embargo, estos valores están en el mismo rango que los registrados para áreas de monte bajo de castaños abandonados en las cordilleras del Mediterráneo (Leonardi et al., 1996; Menéndez-Miguélez et al., 2013). La estimación de la altura LIDAR varió entre 17 m y 22 m en Casillas, y entre 14 m y 26 m en Rozas. Sin embargo,

la altura media del árbol aumentó a 19,9 m en Casillas y solo 15,3 m en Rozas probablemente debido a las diferencias de edad del árbol.

La aplicación de las ecuaciones alométricas proporcionó una gran variabilidad de resultados obtenidos en términos de almacenamiento de carbono en la parte aérea del bosque, para las diferentes parcelas y árboles dependiendo del tipo de manejo. Los valores variaron desde un mínimo de 81 a 102 Mg/ha y acumulaciones máximas de 286 a 583 Mg/ha para Rozas y Casillas, respectivamente, según el modelo alométrico aplicado (Fig. 2). El almacenamiento de carbono fue mayor en las parcelas tradicionales de Casillas que en las parcelas abandonadas de Rozas en cuatro de los cinco modelos aplicados, lo que resultó en un promedio de 2,6 veces más carbono en los sitios tradicionales que en los abandonados. A pesar de la gran variabilidad de la biomasa estimada entre las parcelas similares, tres de los cinco modelos aplicados mostraron valores estadísticamente significativos de mayores reservas de carbono en los rodales tradicionales de Casillas que en los rodales de Rozas (Tabla 2). La ecuación de Ruiz-Peinado et al. (2012) fue la única que mostró un resultado opuesto al resto de los modelos, sobrestimando la acumulación de carbono en parcelas no gestionadas en Rozas y superando en más del doble los valores obtenidos con el resto de los modelos. Además, este modelo particularmente subestimó la capacidad de almacenamiento de parcelas de gestión tradicional en comparación con los otros modelos.

Figura 2. Estimaciones de carbono en las partes aéreas para las dos gestiones forestales.



Las barras de error indican la desviación estándar para cada grupo. Las ecuaciones alométricas corresponden a: 1. Ruiz-Peinado et al. 2012; 2. Menéndez-Miguélez et al. 2013; 3. Patrício et al. 2005; 4. Montero et al. 2005; 5. Leonardi et al. 1996.

Tabla 2. Análisis de la varianza (ANOVA) para las dos gestiones forestales.

Significación: * 0.1; ** 0.05.

		GL	Suma Cuadrados	Media Cuadrados	Valor F	Pr(>F)	signif.
Ruiz-Peinado et al., 2012	Tratamiento	1	4567	4567	1.384	0.305	
	Residuos	4	13198	4567			
Menéndez-Miguélez et al., 2013	Tratamiento	1	12971	12971	4.693	0.0962	*
	Residuos	4	11056	2764			
Patrício et al., 2005	Tratamiento	1	35051	35051	6.739	0.0603	*
	Residuos	4	35051	35051			
Montero et al., 2005	Tratamiento	1	7543	7543	4.007	0.116	
	Residuos	4	7530	7530			
Leonardi et al., 1996	Tratamiento	1	142388	142388	8.485	0.0436	**
	Residuos	4	67124	16781			

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Estudios previos han caracterizado significativamente diferentes regímenes de incendios para ambos lugares (Seijo et al., 2015; Seijo et al., 2017). Las notables diferencias en el régimen de incendios fueron impulsadas principalmente por el gran incendio forestal (más de 500 ha, según definición estadística oficial en España) que Rozas experimentó en 1985 (1.257 ha), mientras que no hubo ninguno en Casillas durante el período registrado. En Casillas, los incidentes de incendios en los primeros meses de la primavera y el otoño representan una mayor proporción (53%) que los incendios de verano (47%). Esto contrasta con Rozas, donde los meses de verano representan la gran mayoría de los eventos de incendios (71%), con eventos de incendio a principios de la primavera y el otoño que ascienden a mucho menos (29%).

Desde un punto de vista teórico, las tendencias divergentes en el régimen de incendios en las parcelas tradicionales de Casillas frente a las abandonadas de Rozas parecen reproducir los hallazgos del clásico estudio de Minnich sobre la divergencia en el régimen de incendios entre California del Sur y Baja California (Minnich, 1983). Es muy probable que los regímenes de fuego divergentes en Casillas y Rozas sean impulsados en parte por la disminución desigual de las prácticas de manejo tradicional del fuego basadas en conocimientos ecológicos tradicionales practicadas en los rodales de castaño de ambos municipios (Seijo et al., 2017). Estudios previos han demostrado que las prácticas de manejo del fuego basadas en conocimientos ecológicos tradicionales, principalmente en la temporada no vegetativa, como la quema anual de hojas ha ido disminuyendo paulatinamente en Gredos y aunque esta disminución parece haber sido más pronunciada en Rozas que en Casillas (Seijo et al., 2015, 2017). Las estadísticas oficiales de incendios indican que la incidencia

de incendios es mayor en Casillas que en Rozas, pero la superficie quemada por incidente y la agregada es menor. Los incendios ocurridos en Casillas también parecen estar más estrechamente vinculados con escapes accidentales que ocurren en la temporada de quema tradicional de hojas de castaño y combustibles del sotobosque durante la temporada no vegetativa, mientras que en Rozas la incidencia de incendios aumenta durante el verano, los meses de la estación vegetativa (Seijo *et al.*, 2017). Estos estudios parecen sugerir que las prácticas tradicionales de manejo del fuego vinculados a la producción de castañas y madera han influido considerablemente en la estructura de los rodales y el régimen de incendios de los ecosistemas forestales de castaños en ambos municipios pero, debido al abandono, los incendios parecen ser cada vez más grandes, menos frecuentes y no estacionales es decir, que tienen lugar durante la estación vegetativa en mayor medida que en la no vegetativa, en los rodales de castaños abandonados de Rozas. Las condiciones en Rozas, de hecho, parecen estar cambiando hacia lo que Stephens *et al.* (2014) denomina el triángulo de los “mega-incendios”; lo que significa que los legados de los usos del territorio del pasado, la aplicación desigual de las políticas públicas de exclusión de incendios en ambos municipios y el cambio climático parecen estar impulsando el surgimiento de eventos de fuego más infrecuentes pero más grandes con posiblemente nefastas consecuencias ecológicas y para los sistemas humanos acoplados a ellos (Stephens *et al.*, 2014).

Los hallazgos de este estudio sugieren, por lo tanto, que en los lugares donde todavía existe una gestión tradicional del fuego basada en conocimientos ecológicos tradicionales, las comunidades locales pueden implementar estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático a un costo económico y político mínimo para el estado puesto que ya disponen de los incentivos sociales, económicos y culturales necesarios para utilizar el fuego en los bosques de castaños, particularmente cuando se tienen en cuenta las transformaciones en los regímenes de perturbaciones futuros que probablemente sean ocasionados por el cambio climático antropogénico y otros factores (Stephens *et al.*, 2014; Seijo *et al.*, 2017).

En las prácticas de manejo forestal, se describe que los rodales abiertos aumentan la radiación solar y el movimiento del viento en el sotobosque, dando como resultado temperaturas más cálidas y combustibles más secos durante la temporada de incendios. Si bien esta apertura puede estimular la propagación de un incendio en la superficie, tales incendios suelen producir pocos daños ecológicos. Estos tipos de incendios de baja intensidad son relativamente fáciles de controlar y son menos propensos a derivar en un incendio de copas. Sin embargo, la gran densidad de árboles y la estructura cerrada de los rodales abandonados de Rozas facilitan la aparición de combustibles en escalera en el comportamiento del fuego, lo que permite que los incendios suban hacia las copas ayudando así a sostener estos incendios una vez que se inician. Hoy en día, los incendios provocados por la acumulación excesiva de combustible constituyen una grave amenaza para la infraestructura ecológica y humana y representan un gran desafío para la gestión de incendios.

Los resultados de este estudio sugieren que los rodales de Casillas, tradicionalmente manejados, fijan carbono de manera más eficiente que los castañares “abandonados” de Rozas.

Las quemas prescritas que repliquen los objetivos del sistema ecológico y humano de la gestión tradicional del fuego puede ser la única estrategia viable alternativa para aumentar la resiliencia de los ecosistemas forestales de castaños a los incendios en toda Europa basándose en la evidencia ofrecida por este estudio. Los bosques abandonados de castaños, de acuerdo con la evidencia presentada aquí, acumulan carbono mucho más ineficientemente que las parcelas tradicionalmente manejadas y suponen un mayor riesgo de incendios de copa intensos. Las políticas de exclusión de incendios se han traducido en rodales más jóvenes y masas forestales más densas que podrían retroalimentarse con las condiciones emergentes del cambio climático más favorables a la aparición de grandes incendios forestales.

5. REFERENCIAS

AGEE, J.K. 1996: "The Influence of Forest structure on Fire Behavior". *17th Forest Vegetation Management Conference*. College of Forest Resources University of Washington, Seattle, Washington, USA.

ANGELSEN, A. & RUDEL, T. 2013: "Designing and Implementing Effective REDD + Policies: A Forest Transition Approach. *Rev. Env. Econ. Policy*, 7(1): 91-113.

BARBIER, E. B., KOCH, EM. W., SILLIMAN, B. R., HACKER, S. D., WOLANSKI, E., PRIMAVERA, J. H., GRANEK, E.F., POLASKY, S., ASWANI, S., CRAMER, L. A., STOMS, D. M., KENNEDY, C. J., BAEL, D., KAPPEL, C. V., PERILLO, G. M.E. & DENISE J. 2008: *Vegetation's role in coastal protection: response*. American Association for the Advancement of Science. James Cook University of Australia. doi: 10.1126/science.320.5873.176b

BATLLORI, E., PARISIEN, M.A., KRAWCHUK, M. A. & MORITZ, M.A. 2013: "Climate change-induced shifts in fire for Mediterranean ecosystems". *Global Ecol. Biogeogr.*, 22:1118-1129.

CONEDERA, M., TINNER, W., KREBS, P., DE RIGO, D., CAUDULLO, G., 2016: "*Castanea sativa* in Europe: distribution, habitat, usage and threats", en SAN-MIGUEL-AYANZ, J., DE RIGO, D., CAUDULLO, G., HOUSTON DURRANT, T. & MAURI, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. 2015: *The European environment: State and outlook*. <https://www.eea.europa.eu/soer>

FERNANDES, P. 2009: "Combining forest structure data and fuel modelling to classify fire hazard in Portugal". *Annals of Forest Science*, 66:415. doi: 10.1051/forest/2009013

FUCHS, R., HEROLD, M., VERBURG, P.H., CLEVERS, J.G.P.W. & EBERLE, J. 2014: "Gross changes in reconstructions of historic land cover/use for Europe between 1900 and 2010". *Global Change Biol.* 21(1):299-313.

FERNANDES, P., DAVIES, G. M., ASCOLI, D., FERNÁNDEZ, C., MOREIRA, F., RIGOLOT, E., STOOFF, C. R., VEGA, J. A. & MOLINA, D. 2013: "Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape". *Front. Ecol. Environ.*, 11:4-14.

GROVE, A. T. & RACKHAM O. 2000: *The nature of Mediterranean Europe: an ecological history*. Yale University Press, New Haven.

HERRERO, A. & ZAVALA, M.A. (Eds) 2015: *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio*.

HOUGHTON, R., SKOLE, D., NOBRE, C., HACKLER, J., LAWRENCE, K. & CHEMENTOWSKI, W., 2000: "Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon". *Nature*, 403:301-304.

HURTEAU, M.D., KOCH, G.W. & HUNGATE, B.A. 2008: "Carbon protection and fire risk reduction: Toward a full accounting of forest carbon offsets". *Front. Ecol. Environ.*, 6:493-498.

HURTEAU, M.D., ROBARDS, T.A., STEVENS, D., SAAH, D., NORTH, M. & KOCH, G.W. 2014: "Modeling climate and fuel reduction impacts on mixed-conifer forest carbon stocks in the Sierra Nevada, California". *Forest Ecol. Manag.*, 315:30-42.

IPCC AR5, 2014: *Summary for policymakers*, en EDENHOFER, O., PICHSMADRUGA, R., SOKONA, Y., FARAHANI, E., KADNER, S., SEYBOTH, K., ADLER, A., BAUM, I., BRUNNER, S., EICKEMEIER, P., KRIEMANN, B., SAVOLAINEN, J., SCHLOMER, S., VON STECHOW, C., ZWICKEL, T. & MINX, J.C. (Eds.). *Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, New York, NY.

LEONARDI, S., SANTA REGINA, I., RAPP, M., GALLEGU, H.A. & RICO, M. 1996: "Biomass, litterfall and nutrient content in *Castanea sativa* coppice stands of southern Europe". *Annals of Forest Science*, 53:1071-1081.

MATHER, A. S. 1992: "The forest transition". *Area*, 24(4):367-379.

MATHER, A.S. & NEEDLE, C.L. 1998: "The Forest Transition: A Theoretical Basis". *Area*, 30:117-124.

MENÉNDEZ-MIGUÉLEZ, M., CANGA, E., BARRIO-ANTA, M., MAJADA, J. & ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P. 2013: "A three level system for estimating the biomass of *Castanea sativa* Mill. coppice stands in north-west Spain". *Forest Ecol. Manag.*, 291:417-426.

MINNICH, R. 1983: "Firemosaics in Southern California and northern Baja California". *Science*, 219:1287-1294.

MONTERO, G., PASALODOS-TATO, M., LÓPEZ-SENESPLEDA, E., ONRUBIA, R. & G. MADRIGAL. 2013: "Ecuaciones para la estimación de la biomasa en matorrales y arbustados mediterráneos". 6º *Congreso Forestal Español* (6CFE01-140). Montes Servicios y desarrollo rural, Vitoria-Gasteiz, Spain.

MONTERO, G., RUIZ-PEINADO, R. & MUÑOZ, M. 2005: *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*. Monografías INIA: serie forestal, N° 13.

MOREIRA, F., VIEDMA, O., ARIANOUTSOU, M., CURT T, KOUTSIAS, N., RIGOLOT, E., BARBATI, A., CORONA, P., VAZ, P., XANTHOPOULOS, G., MOUILLOT, F. & BILGILI, E. 2011: "Landscape-wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management". *J. Environ. Manage.*, 92:2389-402.

OLIVEIRA, T., GUIOMAR, N., BAPTISTA, O. F., PEREIRA, J. M. C. &

CLARO, J. 2017: "Is Portugal's forest transition going up in smoke?". *Land Use Policy*, 66:214-226.

PATRÍCIO, M.S., MONTEIRO, M.L. & TOMÉ M. 2005: "Biomass Equations for *Castanea sativa* High Forest in the Northwest of Portugal", en C.G. Abreu, E. Rosa & A.A. Monteiro (Eds.). *Proc. IIIrd International Chestnut Congress*. ISHS Acta Hort. 693.

PAUSAS, J. & FERNÁNDEZ-MUÑOZ, S. 2012: "Fire regime changes in the western Mediterranean basin: from fuel limited to drought driven fire regime". *Climate Change*, 110(1-2):215-226.

PRADA, M., BRAVO, F., BERDASCO, L., CANGA, E. & MARTÍNEZ-ALONSO, C. 2016: "Carbon sequestration for different management alternatives in sweet chestnut coppice in northern Spain". *J. Clean. Prod.*, 135: 1161-1169.

R Development Core Team. 2008.: *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>

RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987. *Mapas de las series de vegetación de España*. Ministerio de Pesca, Agricultura y Alimentación.

RUDEL, T. K., O. T. COOMES, E. MORAN, ACHARD, F., ANGELSEN, A., XU, J. & LAMBIN, E. 2005: "Forest transitions: Towards a global understanding of land use change". *Global Environ. Change*, 15(1):23-31.

RUIZ-PEINADO, R., MONTERO, G. & RÍO, M. 2012: "Biomass models to estimate carbon stocks for hardwood tree species". *Forest Syst.*, 21(1):42-52.

SAN MIGUEL-AYANZ J, PEREIRA J, BOCA R, STROBL P, KUCERA J. & PEKKARINEN A. 2009: "Forest Fires in the European Mediterranean Region: Mapping and Analysis of Burned Areas, en Chuvieco E. (Ed.). *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems*. Berlin, Germany. Springer Berlin Heidelberg, 189-204.

SEIJO, F. & GRAY, R. 2012: "Pre-industrial anthropogenic fire regimes in transition". *Hum. Ecol. Rev.*, 19:58-69.

SEIJO, F., MILLINGTON, J., GRAY, R., SANZ, V., LOZANO, J., GARCÍA-SERRANO, F., SANGÜESA-BARREDA, G. & CAMARERO, J. 2015: "Forgetting fire: Traditional fire knowledge in two chestnut forest ecosystems of the Iberian Peninsula and its implications for European fire management policy". *Land Use Policy*, 47:130-144.

SEIJO, F., MILLINGTON, J.D.A., GRAY, R., HERNÁNDEZ MATEO, L., SANGÜESA-BARREDA, G. & CAMARERO, J.J. 2017: "Divergent Fire Regimes in Two Contrasting Mediterranean Chestnut Forest Landscapes". *Human Ecology*, 45(2):205-219.

STEPHENS S. L., BURROWS N., BUYANTUYEV A., GRAY R. W., KEANE R. E., KUBIAN R., LIU S., SEIJO F., SHU L., TOLHURST K. G. & VAN WAGTENDONK J. W. 2014: "Temperate and boreal mega-fires: characteristics and challenges". *Front. Ecol. Environ.*, 12:115-122.

STEPHENS, S.L., COLLINS, B., BIBER, E. & FULE, P. 2016: "U.S. federal fire and forest policy: emphasizing resilience in dry forests". *Ecosphere*, 7(11): DOI: 10.1002/ecs2.1584

STERN, N. H. 2007: *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge,

UK. Cambridge University Press.

VIDMA, O., MELIÁ, J., SEGARRA, D. & GARCIA-HARO, J. 2016: "Modeling rates of ecosystem recovery after fires by using landsat TM data". *Remote Sens. Environ.*, 61(3):383-398.

VIDMA, O., MORENO, J.M. & RIERO, I. 2006: "Interactions between land use/land cover change, forest fires and landscape structure in Sierra de Gredos (Central Spain)". *Environ. Conserv.*, 33(3):212-222.

PARTE QUINTA.

TÉCNICAS Y MÉTODOS EN INVESTIGACIÓN
Y EDUCACIÓN EN BIOGEOGRAFÍA

PROPAGACIÓN DE *ABIES ALBA* Y *FAGUS SYLVATICA* EN EL PIRINEO DURANTE EL PERÍODO POSTGLACIAL

Elias Asbert Castañeda¹, Joan Nunes Alonso¹, Albert Pèlach Mañosa¹ y Miquel Ninyerola Casals²

¹ Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona

² Grumets research group. Dep. Biologia Animal, Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona

elias.asbert@gmail.com, joan.nunes@uab.cat, albert.pelachs@uab.cat, miquel.ninyerola@uab.cat

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo conocer cómo se propagaron las especies *Abies alba* y *Fagus sylvatica* a partir de áreas refugio al final de la última era glacial en el Pirineo, intentando determinar un tiempo de desplazamiento y las rutas de propagación que siguieron. La metodología utilizada ha combinado, mediante la aplicación de regresiones, la información de 23 diagramas polínicos realizados en distintas localidades con modelos correlativos de distribución de especies calibrados con datos climáticos y corológicos actuales. Los coeficientes obtenidos se han aplicado a las superficies de coste acumulado calculadas en base al inverso de la probabilidad de ocurrencia de las especies, estimando así un tiempo de desplazamiento para cada especie. Los resultados obtenidos logran explicar más del 70% de los casos para *Abies alba* y *Fagus sylvatica*.

Palabras clave: *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, modelos de distribución y propagación de especies, diagramas polínicos, zonas de refugio.

ABSTRACT (Propagation of *Abies alba* and *Fagus sylvatica* in the Pyrenees during the postglacial period):

This academic draft aims to know how the *Abies alba* and *Fagus sylvatica* species were propagated from refuge areas at the end of the last glacial era in the Pyrenees, trying to determine a time of displacement and the propagation routes that followed. The methodology used has combined, through the application of regressions, the information of 23 pollen diagrams made in different locations

with correlative models of species' distribution, calibrated with current climatic and chorological data. The coefficients obtained were applied to the cumulative cost surfaces, calculated based on the inverse of the occurrence probability of the species, thus estimating a time of displacement for each species. The results explain more than 70% of the cases for *Abies alba* and *Fagus sylvatica*.

Keywords: *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, patterns of distribution and propagation of species, pollen diagrams, refuge areas.

1. INTRODUCCIÓN

La distribución biogeográfica de las principales poblaciones de *Abies alba* y *Fagus sylvatica* en la Península Ibérica (desde Irati en Navarra hasta el Montseny en Barcelona) se puede conocer a partir de distintas obras de referencia (Costa et al., 1998) y herramientas de SIG de acceso abierto que permiten conocer su distribución actual, como por ejemplo la cartografía y SIG del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (<http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/>).

En cambio, se sabe poco del porqué de esta distribución biogeográfica actual y no se conoce bien cómo era en el pasado, y de qué modo, a partir de distintos refugios glaciares, estas especies fueron colonizando a lo largo del Holoceno nuestros paisajes. Además, a pesar de que ambas pueden compartir y competir por nichos biogeográficos parecidos (de hecho, las podemos encontrar en formaciones mixtas) no se sabe por qué sus ritmos de colonización, a lo largo del Holoceno, no fueron iguales. Mientras que *Abies alba* parece tener una colonización desde el este hacia el oeste (Jalut et al., 1988), *Fagus sylvatica* aparece de una forma más general desde distintos puntos geográficos (Magri et al., 2006).

En la actualidad, en un marcado contexto de cambio global, estas consideraciones son fundamentales para establecer políticas de adaptación y mitigación al cambio climático adecuadas. Además, son una información necesaria para establecer con precisión las regiones de procedencia a aplicar en caso de reforestación, tal y como se indica en la página web del Centro Forestal (CIFOR) y en sus mapas de distribución de especies: <http://wwwsp.inia.es/Investigacion/centros/CIFOR/redes/Genfored/Sig-Forest/Paginas/DistribucionEspecies.aspx>.

En este sentido, los SIG permiten establecer modelos de idoneidad y de propagación de especies (Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011; Serra-Díaz et al., 2012) que combinados con información paleobotánica, permiten establecer el tiempo (coste) de propagación de especies en el pasado y el camino óptimo de propagación.

Las especies estudiadas han sido *Abies alba* y *Fagus sylvatica* por el hecho de que son dos de las especies con más especificidades en cuanto a su hábitat y a su vez, especialmente sensibles a los cambios climáticos. Por otro lado, su elección también ha estado condicionada por la disponibilidad de modelos de distribución y propagación de especies de calidad para estos taxones, que abarcan la totalidad del Pirineo (Figura 1).

Figura 1. Ámbito de estudio.



Elaboración propia. Fuente: Atelier graphique. Base: NASA Shuttle Radar Topography Mission.

2. OBJETIVOS

Objetivo principal:

- Estimar el tiempo de propagación de una especie a partir de un área refugio, en función de la idoneidad actual del territorio para su distribución y propagación.

Objetivo secundario:

- Obtener las rutas de propagación más óptimas, según la idoneidad actual.

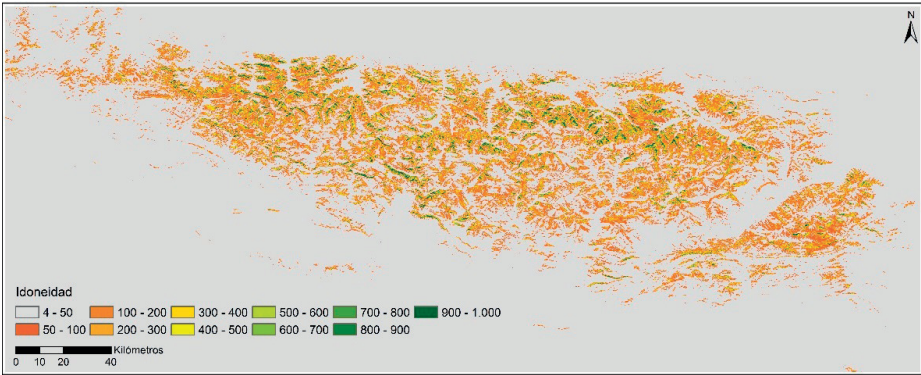
3. MATERIALES

Se utilizarán dos modelos de distribución y propagación de especies elaborados por Miquel Ninyerola (Ninyerola, 2016), uno para *Abies alba* y otro para *Fagus sylvatica*, que se combinarán con información de 23 diagramas polínicos, realizados por diferentes autores en 23 localidades repartidas a lo largo del Pirineo.

3.1. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN Y PROPAGACIÓN DE ESPECIES

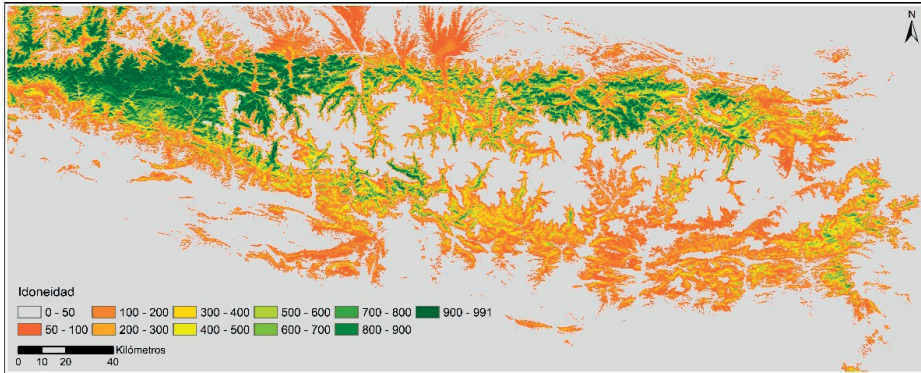
Los modelos de distribución y propagación de especies son modelos estadísticos que nos permiten predecir la probabilidad de presencia de una especie en puntos del territorio en función de las condiciones climáticas, ambientales, topográficas y/o edáficas, y se espera que a partir de su combinación indiquen el grado de aptitud del territorio para la presencia de la especie (Mateo et al., 2011).

Figura 2. Modelo de distribución y propagación de *Abies alba* en el Pirineo.



Fuente: Ninyerola, 2016.

Figura 3. Modelo de distribución y propagación de *Fagus sylvatica* en el Pirineo.



Fuente: Ninyerola, 2016.

En nuestro caso, se han utilizado dos modelos lineales generalizados (GLM) elaborados mediante regresiones logísticas con presencia / ausencia de las especies en cuestión (variables dependientes), y en función de diferentes variables climáticas y topográficas (variables independientes): temperatura, precipitación, déficit hídrico, evapotranspiración potencial, suma térmica (predice cuando una flor empezará a producir frutos), índice de posición topográfica, índice de rugosidad del terreno, convexidad de la superficie del terreno, textura de la superficie del terreno y radiación solar potencial. Estos modelos (figura 2 y 3) fueron validados mediante el valor determinado por TSS (*True Skill Statistic*), estadístico que mide la precisión de los modelos de distribución de especies. Los resultados obtenidos fueron de 0,69 para *Abies alba*, y de 0,76 para *Fagus sylvatica*, considerados respectivamente como muy buenos y excelentes, según (Ladis & Koch, 1977).

3.2. DIAGRAMAS POLÍNICOS

Se ha utilizado información que forma parte de la base datos del *Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge* (GRAMP) del *Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona*, correspondiente a 23 diagramas polínicos extraídos de diferentes investigaciones (tabla 1), con dataciones fiables de la presencia de *Abies alba* y *Fagus sylvatica* dentro del ámbito de estudio. A partir de la observación de dichos diagramas, se ha estimado la presencia de cada uno de los puntos de muestreo de las dos especies, en diferentes momentos de los últimos milenios. Para ello, se han tenido en cuenta las siguientes restricciones para el análisis de los diagramas polínicos:

- La curva debía ser continua. Tomando como inicio de la misma, la edad de llegada del taxón.
- Si antes de la curva había picos aislados, se ha anotado la edad más antigua.
- Para cada curva se han datado los principales máximos de presencia.

Sujetos a las anteriores restricciones, se obtuvo (en años) información relativa a la fecha de inicio de la presencia continua (*Abies/Fagus* inicio), la fecha de máxima concentración de polen (máximo), la fecha correspondiente a la segunda máxima concentración de polen, la fecha con presencia no continua más antigua (presencia aislada) y la segunda fecha con presencia no continua (tabla 1).

Tabla 1. Diagramas polínicos e información obtenida a partir de ellos en años (cal BP).

Localidad polínica	LAT	LONG	Altitud	Abies inicio	Presencia aislada 1	Presencia aislada 2	Máximo 1	Máximo 2	Fagus inicio	Presencia aislada 1	Presencia aislada 2	Máximo 1	Máximo 2
Pinet 1	42,87	1,97	880	8815	10315		5883		6626	7869		1500	
Les Bassettes	42,66	2,02	1900	9176	12357		6042	4489	6042				
La Moulinasse (4)	42,69	2,24	1330	7123	7869		2558		7123			2558	1000
Gourg Nègre	42,63	2,22	2080	10315			7880	5147	6962	7869		4040	
Fournas	42,70	2,06	1510	6042	6042		2558		4704			2558	
Le Serre	42,55	2,10	1750	5682					5000				
La Borde	42,53	2,08	1660	10503	18880	16908	5682		2558	16908			
Balcère1	42,59	2,06	1764	6626					3525				
Laurenti	42,68	2,03	1860	9176			4971	4040	10503	12357		8500	
Bosc dels Estanyons	42,48	1,63	2180	9600			6000	1450	4950	7950	7450	3650	2000
Burg Lake	42,51	1,31	1821	7567	8694		4500	1962	4148	5382		3087	1938
Estanilles	42,62	1,30	2247	7713	12232	9400	4000	3000	3181	6003			
Lake Redo (Túnel Vielha boca sud)	42,64	0,77	2240	6000	8500	9000	4000		5000	9000	6500	3000	
Bassa de la Mora	42,55	0,33	1914	5865	7200		4000	3000	5700			2000	1200
Col d'Ech	43,08	-0,09	710	5500			2000	2600	4500	5900	5000	2600	700
Ibón de Tramacastilla	42,72	-0,38	1732	6727					5760				
Estany Redó (Vall Sant Nicolau)	42,58	0,95	2105	6000	14500	7500-6500	4500	1500	4500			3500	2200
Riu dels Orris	42,49	1,64	2390	7950			6700	3450	2700	6100	4450		
Racou Mire	42,55	2,00	2000	9718	10500	10100	7000	3800	4200	9700	8800	3200	1700
Perafita Fen	42,48	1,57	2150	7750	8450	8250	5950	3950	3450	7000	5590	450	
Les Palanques core (Vall d'en Bas)	42,16	2,44	465	5300	7600	6700	3200	2700	4600	6500	6000	4000	2000
Banyoles	42,13	2,76	176	8500	13313				6000	8300			
Freychnede	42,80	1,44	1350	7856	17912		4461		5905	13125		5700	

Elaboración propia. Fuente: GRAMP.

4. METODOLOGÍA

La metodología seguida inicialmente, consistió en transformar los valores de los modelos de distribución y propagación de especies, para que estos fueran aptos en el cálculo del coste de desplazamiento acumulado y estimar las rutas de propagación

desde la localidad con datos polínicos con una presencia continua de la especie más antigua, hasta el resto de localidades con dataciones polínicas. Posteriormente, mediante correlaciones que relacionasen las diferentes dataciones polínicas con el coste de desplazamiento acumulado, se obtuvo una función matemática que aplicada al mapa ráster de coste acumulado, estimase un tiempo de propagación para cada especie, siempre desde el punto de muestreo con la presencia continua más antigua.

4.1 TRANSFORMACIÓN DE LOS VALORES DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN Y PROPAGACIÓN DE ESPECIES, CÁLCULO DEL COSTE DE DESPLAZAMIENTO ACUMULADO Y ESTIMACIÓN DE LAS RUTAS DE MÁS ÓPTIMAS

Para poder calcular el coste de desplazamiento acumulado desde el punto de muestreo considerado como localidad de origen, fue necesario invertir los valores de cada uno de los modelos utilizados para cada especie haciendo así, que los puntos con una mayor probabilidad de presencia, tuvieran los valores más bajos y, por el contrario, que aquellos puntos con los valores más bajos para la presencia de la especie fuesen los que tuvieran unos valores más elevados, obteniendo un mapa ráster con los valores del inverso de la probabilidad (coste) de presencia de cada especie.

Una vez obtenido el mapa de coste, se determinó cuáles eran los puntos de muestreo con una presencia continua más antigua. En este sentido, para *Abies alba* se trata de Le Borde (Pirineo francés), con una presencia continua desde hace 10.503 años. Y para *Fagus sylvatica*, se determinó que el punto de muestreo con presencia continua del taxón era Laurenti, también en el Pirineo francés y fechada en 10.503 años.

Partiendo de cada localidad de origen se calculó el coste de desplazamiento acumulado. Es decir, el sumatorio de los valores de coste correspondientes a cada píxel del mapa y mediante un análisis SIG, se obtuvieron las rutas de propagación más óptimas desde dichos puntos, hasta el resto de localidades con datos polínicos. Obteniendo las rutas de desplazamiento que acumulaban un menor coste.

4.2. REGRESIONES Y TRANSFORMACIÓN DE LOS MAPAS DE COSTE DE DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EN TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO ACUMULADO

Para obtener un mapa de tiempo de desplazamiento acumulado fue necesario disponer de una función que, aplicada al mapa de coste de desplazamiento acumulado, transformara los valores de coste en tiempo (años). El método utilizado para obtener dicha función fueron las regresiones. Requiriendo para su elaboración, los valores de coste acumulado de cada uno de los puntos de muestreo y a su vez, el valor resultante de calcular la diferencia en años entre la fecha inicial del establecimiento de la especie en el área refugio y las fechas de establecimiento del resto de localidades, es decir, el tiempo entre el punto de muestreo que consideramos como origen y el resto de localidades, según la información de los diagramas polínicos.

Una vez realizados diferentes tipos de regresiones para cada una de las especies, se eligió aquella que nos ofrecía un coeficiente de determinación más elevado y que

por tanto, explicase el mayor número posible de casos. Así pues, para *Abies alba* se utilizó una regresión lineal simple sin pasar por el origen, obteniendo un coeficiente de correlación de 0,84, un coeficiente de determinación de 0,71, y la función de la recta ($y = 0,0037x + 300,05$) que, aplicada a su mapa de coste de desplazamiento acumulado, nos ofrece la estimación del tiempo de desplazamiento acumulado en años. Para *Fagus sylvatica* se utilizó una regresión cuadrática simple sin pasar por el origen, con un coeficiente de correlación de 0,86, un coeficiente de determinación de 0,73, y la función de la recta ($y = -2E-08x^2 + 0,0197x + 1218,7$).

Es necesario comentar que debido a la existencia de valores anómalos que influenciaban excesivamente en los resultados, se excluyó la información de 4 puntos de muestreo en la realización de las regresiones comentadas anteriormente. Por consiguiente, en el caso de *Abies alba* se excluyó la información de los diagramas polínicos de *Banyoles*, *Le Serre*, *Balcère1* y *Fournas*. Para *Fagus sylvatica*, se excluyó la información de *Banyoles*, *Le Borde*, *Balcère1* y *Fournas*.

4.3. RESIDUOS

Los residuos son la diferencia entre el tiempo de desplazamiento estimado mediante nuestro procedimiento, y el tiempo de desplazamiento real (según los datos de los diagramas polínicos) desde la localidad de origen de cada especie hasta el resto de localidades:

$$\text{Residuo} = \text{Tiempo real desde el origen} - (\text{coste de desplazamiento acumulado} * \text{función de la recta})$$

Los residuos obtenidos nos indican, para cada uno de los puntos y partiendo de la localidad considerada como origen, si la especie se estableció antes o después de lo que nos sugieren los resultados obtenidos en nuestro modelo.

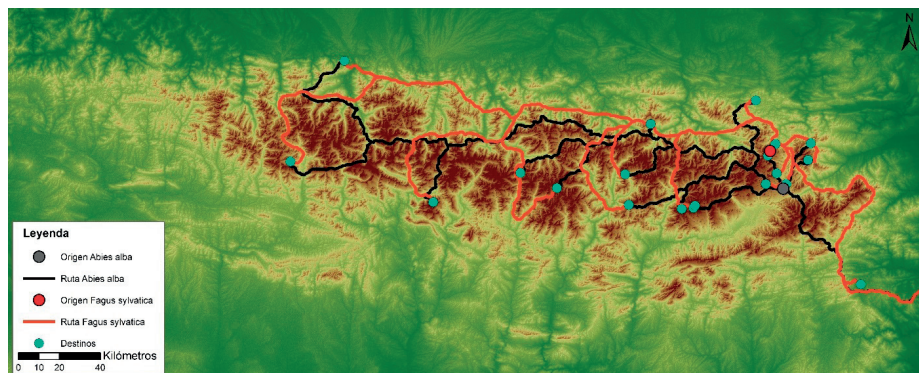
5. RESULTADOS

A continuación, se presentan para cada una de las dos especies analizadas, las rutas óptimas de propagación, la estimación del tiempo de desplazamiento acumulado, y los residuos obtenidos.

5.1. RUTAS ÓPTIMAS DE PROPAGACIÓN

El mapa que se presenta (Figura 4) nos muestra las rutas seguidas por *Abies alba* y por *Fagus sylvatica*. Tal y como se ha comentado anteriormente, el punto de partida para *Abies alba* corresponde a la localidad con datos polínicos de *Le Borde*, y para *Fagus sylvatica*, a la localidad con datos polínicos de *Laurenti*.

Como podemos observar, la ruta óptima de propagación de *Fagus sylvatica* transcurre hacia el oeste por la vertiente norte del Pirineo, donde encontramos unas mejores condiciones para ésta. En cambio, la ruta de *Abies alba* transcurre por zonas más elevadas, que ofrecen unas mejores condiciones climáticas para su supervivencia.

Figura 4. Rutas óptimas de distribución de *Abies alba* y *Fagus sylvatica*.

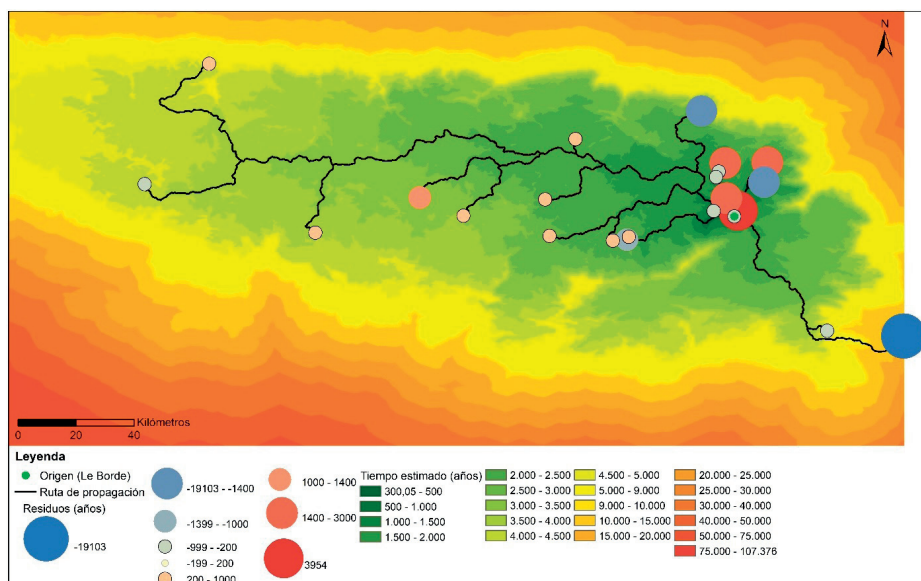
Elaboración propia. Fuente: ASTER Global Digital Elevation Map.

5.2 TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO ACUMULADO DESDE EL ORIGEN Y RESIDUOS OBTENIDOS

5.2.1. *Abies alba*

En el caso de *Abies alba* (figura 5), vemos como aumenta el tiempo de desplazamiento a medida que nos alejamos del origen de Le Borde, situado en la zona centro oriental del ámbito de estudio. Según los resultados obtenidos, la especie no debería de tardar más de unos 9.000 años en propagarse por todo el Pirineo, y a medida que nos alejamos de éste, el tiempo de desplazamiento aumenta rápidamente hasta más de 100.000 años en el extremo sudoeste del área de estudio.

Por otro lado, los residuos nos muestran cuales son para cada localidad, las diferencias entre la fecha de establecimiento de la especie según los diagramas polínicos y la estimación de la fecha de establecimiento de la especie. Los residuos negativos nos señalan que la especie se estableció en la zona antes de lo que nos indica el modelo. Por el contrario, los residuos positivos nos indican que la especie se estableció en la zona mucho más tarde de lo que sugieren los resultados obtenidos. En este sentido, podemos ver como existen importantes residuos positivos en la zona cercana al origen, correspondiéndose a los valores anómalos excluidos en el cálculo de la regresión, en cambio, en otras localidades cercanas estos residuos son negativos, hecho que nos hace pensar que las condiciones ambientales locales han variado considerablemente. Por el contrario, a excepción de Banyoles (situado en una zona poco apta para la presencia de la especie actualmente), a medida que nos alejamos del origen los residuos se vuelven más cercanos a 0, seguramente debido a un efecto suavizador provocado por la distancia.

Figura 5. *Abies alba*: tiempo de desplazamiento acumulado y residuos obtenidos

Elaboración propia.

5.2.2. *Fagus sylvatica*

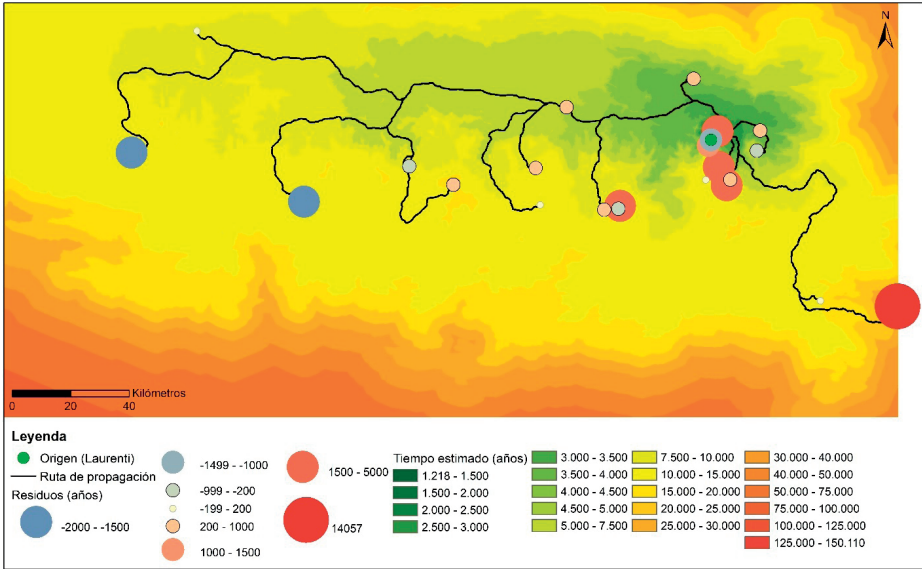
Para *Fagus sylvatica* los resultados nos indican que la especie no debería tardar más de 15.000 años en desplazarse por todo el Pirineo. En el caso de los residuos, vemos como en el área cercana al origen existen tanto localidades con residuos muy positivos como otras con residuos cercanos a 0. Por otra parte, en las zonas más alejadas del origen vemos como nuestra estimación se corresponde bastante con la realidad, exceptuando dos casos donde la especie se estableció unos 1.500 años antes de lo estimado. El caso de Banyoles merece una atención especial, ya que según el modelo la especie se estableció mucho más tarde de lo que lo hizo según los datos polínicos. Hecho improbable, ya que la zona actualmente es poco apta para la especie y en consecuencia, consideramos su valor como erróneo.

6. REFLEXIONES FINALES

Los resultados obtenidos, basados en modelos de propagación y distribución de especies elaborados con datos climáticos actuales, nos indican que en general el tiempo de desplazamiento actual es superior al de épocas pasadas y, por tanto, que las condiciones climáticas para estas especies eran mejores en el pasado. Así pues, para obtener unas rutas y tiempos de propagación más ajustados a la realidad, sería necesario utilizar como base modelos de propagación y distribución basados en las condiciones climáticas pasadas, con la dificultad que ello supone. Al mismo

tiempo, es necesario tener en consideración la acción antrópica en el territorio, que puede haber alterado la distribución y propagación de estas especies en la zona, aspecto que no ha estado considerado en este trabajo y que, al igual que la zoocoria, puede haber alterado sus velocidades de desplazamiento.

Figura 6. *Fagus sylvatica*: tiempo de desplazamiento acumulado y residuos obtenidos.



Elaboración propia.

Finalmente, concluir que, aunque la metodología utilizada se considera válida para explicar el desplazamiento de especies en el pasado, los modelos de distribución y propagación de especies utilizados no son 100% útiles para explicar los tiempos de desplazamiento durante el holoceno, determinados a partir de las dataciones observadas en los diagramas polínicos. En este sentido, los cálculos realizados explican el 70% de los casos para *Abies alba*, y el 73% para *Fagus sylvatica*. A su vez, las estimaciones obtenidas para los puntos de muestreo más alejados son mejores que para las localidades próximas al origen, y en general, mejores para la especie *Fagus sylvatica* que, para *Abies alba*.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido posible en el marco de las investigaciones que realiza el Grup de Recerca d'Àrees de Muntanya i Paisatge (GRAMP) del Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona, a partir del proyecto "Estudio biogeográfico histórico comparado (Montaña Cantábrica, Sistema Central y Pirineos): 18.000 años de cambios climáticos y antrópicos sobre especies forestales indicadoras (CS02015-65216-C2-1-P)"

financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MEC) y el *Grup de Geografia Aplicada del AGAUR- Generalitat de Catalunya* (2014 SGR 1090).

7. REFERENCIAS

COSTA, M; MORLA, C. & SAINZ, H. (Eds.) 1998: *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Barcelona, Planeta.

JALUT, G., 1988. "Les principales etapes de l'histoire de la forêt pyrénéenne française depuis 15,000 ans". *Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología*, 4: 609-615.

LANDIS J.R. & KOCH G.G. 1977: "The measurement of observer agreement for categorical data". *Biometrics*, 33 (1):159-174

MAGRI, D., VENDRAMIN, G.G., COMPS, B., DUPANLOUP, I., GEBUREK, Th., GÖMÖRY, D., LATATOWA, M., LITT, Th., PAULEL, ROURE, J.M., TANTAU, I., van der KNAAP, W.O., PETIT R.J & de BEAULIEU, J.L. 2006: "A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences". *New Phytologist*, 171: 199-221

MATEO, R., FELICÍSIMO, A. & MUÑOZ, A. 2011: "Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética". *Revista chilena de historia natural*, 84: 217-240.

NINYEROLA, M. 2016: Modelos de idoneidad de *Abies alba* y *Fagus sylvatica*, inédito.

PLISCOFF, P. & FUENTES-CASTILLO, T. 2011: "Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: Una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles". *Revista de Geografía Norte Grande*, 48: 61-79.

SERRA-DIAZ, J.M., NINYEROLA, M. & LLORET, F. 2012: "Coexistence of *Abies alba* (Mill.) – *Fagus sylvatica* (L.) and climate change impact in the Iberian Peninsula: A climatic-niche perspective approach". *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 207 (1): 10-18.

ANÁLISIS DE LOS SUELOS VOLCÁNICOS Y SU APTITUD PARA LOS CULTIVOS: PRÁCTICAS PARA EL GRADO DE GEOGRAFÍA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, UCLM

Rafael Becerra-Ramírez

*Grupo de Investigación GEOVOL. Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio,
Universidad de Castilla-La Mancha Colaborador científico de INVOLCAN-Instituto
Volcanológico de Canarias
Rafael.Becerra@uclm.es*

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo es explicar las prácticas desarrolladas en el Grado de Geografía y Ordenación del Territorio de la UCLM en la asignatura *Hidrogeografía y Edafología*. Una de las partes en las que se divide la asignatura es el conocimiento del suelo, no sólo como la parte abiótica más externa de la superficie terrestre, sino también como parte esencial para el desarrollo de las plantas. Para ello, se plantea un seminario práctico donde los alumnos intentan determinar la aptitud de un suelo volcánico (volcán Columba) para las plantas cultivadas sobre éste: cereales (centeno – *Secale cereale* – y trigo – *Triticum spp.*), almendro (*Prunus dulcis*), olivo (*Olea europaea*) y vid (*Vitis vinifera*), en función de los rangos de preferencias de éstas y los resultados obtenidos.

Palabras clave: Cultivos, Edafología, Geografía, Suelos volcánicos.

ABSTRACT (Analysis of volcanic soils and their aptitude for crops: Practices for the Degree of Geography and Land Planning, UCLM):

The aim of this work is to explain the practices carried out in the Degree of Geography Land Planning at UCLM, related to the subject *Hydrogeography and Edaphology*. One of the parts in which the subject is divided is the knowledge of the soil, not only as an abiotic part of the earth's surface, but also as an essential part for the growth of plants. To do this, a practical course is presented where students try to determine the aptitude of a volcanic soil (Columba volcano) for the cultivated plants on this one (*Secale cereale*, *Triticum spp.*, *Prunus dulcis*, *Olea europaea* and *Vitis vinifera*), depending on the ranges of chemical preferences and the obtained results.

Keywords: Crops, Edaphology, Geography, Volcanic soils.

1. INTRODUCCIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO

Aunque los estudios de Edafología siempre están vinculados a la parte abiótica del territorio, esto es a la geomorfología, son esenciales para conocer la aptitud de los suelos para la formación y presencia de determinadas comunidades vegetales y plantas cultivadas.

El suelo es la parte más externa de la superficie terrestre, “*parte integrante de la biosfera, subsistema natural complejo y dinámico, formado en la zona de contacto de la litosfera, biosfera y atmósfera; y que establece estrechas interrelaciones con el elemento biótico del medio*” (Ferrerías y Fidalgo, 2009:117), además “...*constituye un medio biológico en equilibrio con las condiciones actuales de clima y vegetación... portador de elementos biológicos vivos...*” (Rozas, 2010:855). Es en el suelo donde las plantas desarrollan su ciclo vital: soporte de la actividad vegetal; aporta elementos nutritivos; satisface las necesidades de agua y de oxígeno para las plantas (Ferrerías y Fidalgo, 2009).

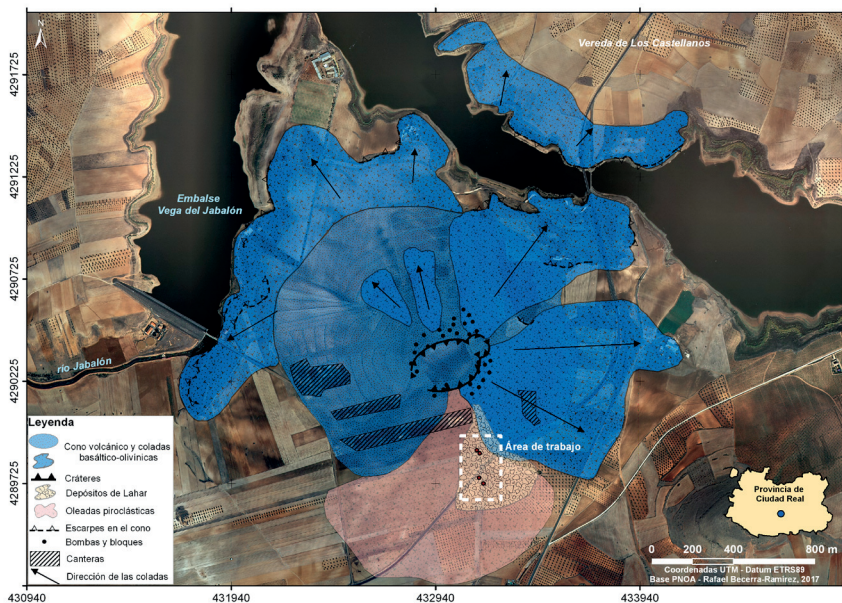
El objetivo de este trabajo es explicar las prácticas desarrolladas en el Grado de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Castilla-La Mancha, dentro de la asignatura *Hidrogeografía y Edafología*. Una de las partes en las que se divide la asignatura es el conocimiento del suelo, no sólo como la parte abiótica más externa de la superficie terrestre, sino también como parte esencial para el desarrollo de las plantas y de ciertas comunidades faunísticas.

En la asignatura se plantea un Trabajo de Campo bajo el título de *Seminario Práctico de Análisis e Interpretación del Perfil Edáfico*, realizado durante 4 cursos académicos en el volcán Columba (Granátula-Calzada de Calatrava) aprovechando una trinchera excavada por la carretera CM-413 en su cruce con la vía pecuaria “Vereda de Los Castellanos”. Esta trinchera permite observar e interpretar varios perfiles edáficos en su totalidad, desde la roca madre – basaltos olivínicos (lavas y piroclastos), oleadas piroclásticas, y depósitos de lahar – hasta el desarrollo del *solum* completo.

El volcán Columba (Mapa 1) forma parte de los más de 300 volcanes desarrollados en el centro peninsular, se localiza en la zona centro-oriental de la región volcánica de Campo de Calatrava, que abarca unos 5.000 km² en el centro de la provincia de Ciudad Real (Becerra-Ramírez, 2013; González et al., 2013). Este es uno de los volcanes más representativos de la región volcánica, dada su complejidad genética y su cronología, es el volcán con la erupción más reciente, ±5.600 años BP (González et al. 2008a,b). Se ha gestado en varias fases eruptivas dilatadas en el tiempo, tanto estrombolianas como efusivas, y una última fase freatomagmática. Por su génesis se clasifica como volcán monogénico policíclico, y por su morfología como edificio volcánico múltiple, ya que presenta una planta redondeada, ligeramente achatada, y un doble cráter cimero. Los procesos erosivos posteriores fueron intensos, con el desmantelamiento de los materiales sueltos, la edafización de las coladas y la aparición de encostramientos calcáreos en el fondo del cráter, fruto de procesos de humectación-deseccación en ambientes semiáridos (Becerra-Ramírez, 2013), procesos clave para entender el desarrollo del suelo actual.

El suelo actual analizado sobre la vertiente sur del volcán (Mapa 2), se ha desarrollado sobre el sustrato volcanosedimentario, cuya secuencia de muro a techo, correspondería a (González et al., 2008a,b y 2010): 1. escorias y lavas; 2. paleosuelo fosilizado; 3. oleadas piroclásticas; 4. depósitos laháricos; 5. suelo actual.

Mapa 1. Esquema geomorfológico del volcán Columba y localización del área de estudio



Elaboración propia.

Mapa 2. Área de estudio y alumnos recogiendo muestras en los perfiles elegidos



Elaboración propia.

2. MÉTODO, MATERIALES Y DESARROLLO DEL TRABAJO PRÁCTICO

El método empleado se basa en el desarrollado en manuales y webs propias de Edafología (Raggi, 1983; HANNA, 2004; Dorronsoro, 2017; UPV Canal Youtube, 2017), propuestos tanto por ingenieros agrónomos como por geógrafos, donde se realiza una revisión bibliográfica y cartográfica de la zona de estudio, un trabajo de campo, y análisis en laboratorio. En las 4 ediciones del seminario práctico los alumnos han tenido libertad de elegir el perfil edáfico y desarrollar el trabajo propuesto por el profesor, cuyas fases son las siguientes:

2.1. TRABAJO DE CAMPO

Materiales utilizados: Cartografía geológica (MAGNA50) y topográfica (MTN50 y MTN25); cuaderno de campo y cámara fotográfica; tabla de colores *Munsell* (USDPAH, 2000); GPS, brújula y clinómetro; cinta métrica o testigo de escala; termómetro de suelos; pico, martillo, aciche, pala pequeña o paleta; cepillo pequeño o brocha y espátulas; bolsas para recogida de muestras; guantes, gafas de protección y chaleco reflectante ya que el trabajo se desarrolla próximo a una carretera.

Procedimiento: Los alumnos eligieron el perfil con una anchura de 40 cm y profundidad en función de los horizontes identificados (la marcará la presencia del horizonte C – roca madre alterada – ó R – roca madre), siguiendo estos pasos:

1. Elección del perfil y limpieza para dejar al descubierto los horizontes sin restos de polvo, vegetación u otros elementos que dificulten su identificación;
2. Identificación de los horizontes (según colores, tonos, manchas, porosidad, estructura, contacto...) y establecer límite entre éstos;
3. Determinar la profundidad de cada horizonte y realizar fotos de detalle;
4. Dibujar un esquema del perfil edáfico y describir sus características en una ficha de campo, propuesta por el profesor;
5. Recogida de muestras de cada horizonte en bolsas de plástico (entre 500 y 1.000 gr.), identificación y numeración de las mismas;
6. Secado de las muestras al aire durante 7 días en laboratorio.

2.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Materiales utilizados: Tablas *Munsell* para determinar el color de los horizontes; tamices de cribado; báscula de precisión, bandejas de plástico; reactivos químicos *HANNA Soil Test Hi 3896* (HANNA, 2004) para análisis de pH, N, P y K; agua destilada; guantes y gafas.

Procedimiento: Una vez realizado el trabajo de campo, identificados los horizontes del perfil edáfico, recogidas las muestras y secadas, se procede al análisis de éstas en laboratorio, siguiendo estos pasos:

1. Determinación del color “en seco” de las muestras utilizando las tablas *Munsell*;
2. Pesaje de las muestras con la báscula de precisión;
3. Tamizado/cribado de las muestras;
4. Tamizado/cribado de las muestras y diferenciación granulométrica en 3 grupos (según el sistema internacional de textura): Arenas (finas 0,2-0,05 mm; gruesas 2,0-0,2 mm), limos (0,05-0,002 mm) y arcillas (<0,002 mm). Después se procede a la clasificación textural de cada horizonte según el porcentaje granulométrico y a partir del diagrama textural triangular;

5. Análisis químico de las muestras superficiales de suelo (horizontes A), del *pH* (acidez/basicidad), y de los macronutrientes como el nitrógeno (*N*), el fósforo (*P*) y el potasio (*k*), siguiendo el procedimiento descrito en el manual *HANNA Soil Test Hi 3896* (HANNA, 2004).

2.3. TRABAJO AUTÓNOMO DEL ALUMNO

Una vez realizado el trabajo de campo y de laboratorio, los alumnos presentarán una memoria/informe con los resultados obtenidos en los análisis. En la memoria tendrán que aportar los siguientes datos:

1. Información General. Localización del área de estudio; cartografía y ortofotos utilizadas; caracterización geológica y geomorfológica; pedregosidad y afloramientos rocosos; caracterización climática; vegetación potencial (densidad, especies, cultivos...); usos actuales del territorio.

2. Información del Perfil. Profundidad y denominación de los horizontes; color y humedad; manchas, cementación y/o encostramientos; análisis textural; materia orgánica presente (raíces, ramas, restos animales); porosidad, estructura y contacto; horizontes diagnóstico; y clasificación del suelo.

Junto a la memoria se adjuntan dos fichas donde se recogerán datos como la fecha de la toma de muestras, el lugar/nº de perfil, coordenadas y altitud o las condiciones meteorológicas en el momento de la recogida de las muestras. También se indicará la profundidad del perfil y horizontes, un realizará un pequeño dibujo/esquema de la morfología de cada horizonte y los parámetros medidos en campo y en laboratorio, como se muestra de forma resumida en la Tabla 1.

3. RESULTADOS DE LAS PRÁCTICAS Y ANÁLISIS EDÁFICO

Durante los 4 cursos académicos en los que se han realizado estas prácticas, han participado 60 alumnos del Grado de Geografía y Ordenación del Territorio de la UCLM, que han trabajado de forma grupal (grupos de 4-5 alumnos), lo que ha supuesto un total de 12 memorias/informes, esto es, 12 perfiles analizados en la ladera S del volcán Columba. De entre éstos, se han escogido sólo 4 (los que mayor nota obtuvieron) a modo de representación para plasmar los datos que se presentan en este trabajo. Todos los alumnos participantes superaron el trabajo propuesto, al tratarse de un trabajo grupal cuyo fin era alcanzar varias competencias generales (G01, G04) comunes a todos los grados de la UCLM, las específicas del Grado (E03, E14, E39, E40, E41) y transversales (T1, T2, T3, T5 y T8). Entre los resultados de aprendizaje propuestos en la asignatura, los alumnos serán capaces de: conocer los conceptos básicos en Edafología; identificar los perfiles edáficos y los métodos de análisis; conocer la nomenclatura de clasificaciones de suelos; y conocer e identificar la aptitud de los suelos (ver Memoria de Geografía y Ordenación del Territorio – UCLM <https://previa.uclm.es/cr/letras/grados/geografia/documentacion.asp>, consultado 10/11/2017).

3.1. RESULTADOS DE LAS PRÁCTICAS: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN ENTRE PERFILES EDÁFICOS

Los datos más representativos de los perfiles analizados se recogen en la Tabla 1. Se puede observar que las diferencias tanto en profundidad como en los demás parámetros no son importantes, ya que se trata de perfiles localizados en la misma ladera del edificio volcánico, con diferencias altitudinales de 7 m, y en una distancia de apenas 150 m.

El número de horizontes diferenciado oscila entre 4 y 5, y el horizonte superficial denominado A1 (Ap), con profundidades de entre 9-14 cm. Por otro lado, las condiciones meteorológicas (temperatura, insolación, precipitaciones recientes...) pueden influir en datos como la temperatura del suelo, la humedad o el color de los horizontes, por lo que se pueden observar variaciones algo más marcadas entre perfiles. Variaciones que, sin embargo, tampoco se hacen evidentes en parámetros como el contacto entre horizontes, texturas, estructuras, porosidad o manchas, debido a la naturaleza de los depósitos volcanosedimentarios sobre los que se desarrolla este suelo.

Por otro lado, pese a que hay marcadas diferencias en la cantidad de arcillas presentes en los horizontes, especialmente en el horizonte A1 (ó Ap, suelos arados/cultivados) tomado como referencia para los análisis químicos posteriores, la clasificación textural está en el grupo de las Arenas, por ser esta granulometría la mayoritaria (entre el 59-90%).

Tabla 1. Datos resumidos recogidos en los análisis de los perfiles edáficos sobre el volcán Columba.

	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4
Análisis de campo				
Altitud (msnm)	680	678	675	673
Profundidad (cm)	77	70	79	60
Nº Horizontes	5	4	5	5
Horizonte superficial (profundidad)	A1 - Ap (13 cm)	A1 - Ap (10 cm)	A1 - Ap (9 cm)	A1 - Ap (14 cm)
Temperatura, Humedad, color, contacto	25'7°C, muestra seca, Marrón rojizo, laminar	18'3°C, muestra húmeda, marrón oscuro, ondulado	27'3°C, muestra húmeda, rojizo, ondulado	19'2°C, muestra seca, Marrón rojizo, laminar
Textura, estructura, porosidad, manchas	Limosa, migajosa, muy poroso, sin manchas	Arenosa, laminar, muy porosa, carbonatos	Grumosa, granular, escasa, sin manchas	Arenosa, mixta, media, carbonatos

	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4
Análisis Textural (laboratorio) sobre el horizonte superficial				
Arcillas (%)	16,58	3,44	16,79	0,94
Limos (%)	23,43	21,39	17,29	9,29
Arenas (%)	59,99	75,17	65,92	89,77
Textura	Franca Arenosa	Arenosa poco franca	Franca arenosa	Arenosa
Análisis Químico (laboratorio) sobre el horizonte superficial				
pH	7	7	7,5	8
N	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
P	Trazas-Bajo	Medio	Trazas	Trazas
K	Bajo	Bajo-Medio	Bajo	Trazas-Bajo
Cód. Color (Munsell)	5YR 4/4	7.5YR 3/4	2.5YR 4/4	5YR 3/4
Color	Marrón rojizo	Marrón oscuro	Rojo claro	Marrón rojizo
Materia orgánica	Raíces y hojas	Raíces	Raíces	Inapreciable

Elaboración propia

En cuanto al análisis químico se observan diferencias notables entre los perfiles estudiados. En *pH* se obtienen datos de 7-8; en el análisis del nitrógeno (N) en todos se obtienen *trazas*; en el fósforo (P) los resultados oscilan entre *bajo* y *medio*; y el potasio (K) ofrece una mayor variación entre perfiles. En cuanto al color, todos los perfiles se encuentran en el sector de matiz YR (*yellow-red*) con tendencia a ser más marrón o más rojizo en función de los elementos minerales u orgánicos presentes. Al haber realizado el análisis químico sobre el horizonte A1, es comprensible la presencia de raíces, ramas y hojas procedentes de las plantas presentes en la parte superior del suelo.

3.2. RESULTADOS DE LAS PRÁCTICAS: CLAVES DE LA APTITUD DEL SUELO VOLCÁNICO PARA LOS CULTIVOS

Una vez realizado el trabajo, recogidas las muestras y analizadas en laboratorio, los alumnos procedieron a determinar la aptitud de este suelo para las plantas cultivadas sobre el volcán Columba, principalmente cereales (centeno – *Secale cereale* – y trigo – *Triticum spp.*), almendro (*Prunus dulcis*), olivo (*Olea europaea*) y vid (*Vitis vinifera*), en función de los rangos de preferencias y los resultados obtenidos en laboratorio. Para ello tuvieron presentes claves como el *color*, la *porosidad*, el *pH* y los macronutrientes, que influyen en la humedad y en elementos nutrientes y/o mineralógicos de los que se alimentan las plantas.

El color es una de las propiedades del suelo que nos informan de la composición mineralógica y del contenido en materia orgánica de éste. Cuanto más oscuro sea

el color del suelo es probable que contenga un alto porcentaje de materia orgánica en su composición, y sea reflejo de la fertilidad de éstos (Ferrerías y Fidalgo, 2009). Si comparamos los resultados obtenidos, vemos que se asemejan a los datos de Raggi (1983) para algunos suelos volcánicos calatravos, donde el color estaría en el rango de 2,5YR y 5YR, colores pardo rojizos oscuros. El color parduzco viene marcado por las rocas volcánicas y de óxidos de hierro de su composición, no tanto por su contenido en materia orgánica (escasez de vegetación natural como fuente de materia orgánica – Raggi, 1983). Además, se pueden encontrar manchas blanquecinas que corresponden, en algunos casos a encostramientos calcáreos y en otros a cementaciones por carbonatos, cuya fuente serían paleoprocesos hídricos con alto contenido en carbonatos, o plagioclasas propias de los basaltos (Raggi, 1983:149). No se puede afirmar que los perfiles analizados correspondan a suelos con importantes procesos de lavado. Si bien es cierto, que puede haber un lavado de bases como el potasio, ya que los resultados químicos indican escasa presencia de este elemento, que puede influir negativamente en el proceso de crecimiento de las plantas. También se observan acumulaciones de carbonatos y cementaciones en horizontes inferiores, lo cual indicaría un trasvase de éstos desde el horizonte A.

La porosidad (porcentaje de huecos en la estructura del suelo) es importante para determinar la cantidad de gases y agua capaz de retener el suelo en su estructura, y que éstos (aire o agua) van a poder ser o no utilizados por las raíces de las plantas para su respiración y alimentación hídrica (Duchaufour, 1987; Ferrerías y Fidalgo, 2009). Según la granulometría y la textura (arenas y limos – Tabla 1), la porosidad tiende a ser mayor cuanto mayores son las partículas que componen el suelo. Se puede afirmar, por tanto, que es un suelo bien aireado pero con poca retención hídrica, lo que podría resultar en un déficit durante períodos de ausencia de precipitaciones. Esta afirmación vendría corroborada con los estudios de Raggi (1983:75) que concluye que los suelos volcánicos de Calatrava se encuentran clasificados en regímenes de humedad *Xérico* y de temperatura *Térmico*. En este suelo bien aireado, la evapotranspiración será bastante importante (Raggi, 1983:63-68), lo cual resultaría perjudicial para las plantas cultivadas sobre el mismo. Sin embargo, la granulometría arenosa permitiría una buena absorción del *agua capilar absorbible y gravitacional* por parte de las raíces de las plantas, cuando ésta estuviera presente en los poros. Pero, por otro lado, resultaría perjudicial ya que podría facilitar el lavado de las bases y su acumulación en horizontes más profundos (E ó B), produciéndose una ligera pérdida de nutrientes. Quizás los datos ofrecidos en el análisis químico, especialmente en el caso del potasio, esté advirtiendo esta circunstancia.

El estudio del potencial Hidrógeno (*pH*), sirve para determinar su acidez o basicidad. Con *pH* neutros como en los resultados obtenidos (7-8) y comparados con valores similares en los análisis de Raggi (1983), tendentes a la basicidad por el contenido en carbonatos, el suelo estudiado se prestaría a ser utilizado por una amplia variedad de cultivos. Los rangos de preferencia de *pH* (Dorronsoro, 2017) de los cultivos desarrollados sobre el volcán Columba: centeno – *Secale cereale* (5-7), trigo – *Triticum spp.* (5,5-7,5), almendro – *Prunus dulcis* (6-7), olivo – *Olea europea* (6-8) y vid – *Vitis vinifera* (5,4-6,8); estarían indicando valores muy cercanos a los medidos en los perfiles edáficos analizados, quizás la vid quedaría ligeramente fuera del rango de datos obtenidos, no obstante este cultivo se desarrolla en la base del

cono volcánico ya en contacto con la llanura, donde la litología y la topografía son diferentes, y posiblemente el suelo.

Por otro lado, los alumnos analizaron los tres elementos más necesarios para el crecimiento de las plantas, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), los denominados macronutrientes que forman parte de las propiedades biológicas del suelo (HANNA, 2004; FAO, 2012; Dorronsoro, 2017):

El nitrógeno es indispensable para la vida de las plantas y clave de la fertilización, ya que está presente en proteínas, vitaminas, hormonas, clorofila, y permite el desarrollo de la actividad vegetativa de la planta: crecimiento del tronco, brotes y frutos (HANNA, 2004). Su ausencia puede disminuir el crecimiento de las plantas (hojas pequeñas, tallos delgados) y ralentizar el proceso de fotosíntesis y provocar clorosis. Los resultados de laboratorio (Tabla 1) muestran una ausencia notable de nitrógeno en el suelo (trazas), lo que estaría indicando la necesidad de añadir este elemento para obtener una mejor producción en los cultivos.

El fósforo es un elemento importante del ADN y ARN de las plantas, para el intercambio energético y para la reserva de sustancias en semillas y bulbos. Contribuye a la formación de las raíces, brotes y el florecimiento. Su carencia se traduce en un adelgazamiento de la planta, un lento crecimiento, la reducción de la producción, frutos más pequeños y raíces menos expandidas (HANNA, 2004). Al igual que con el N, el fósforo presente en el suelo es débil (trazas, bajo).

El potasio juega un importante papel en la actividad fisiológica de las plantas como el desarrollo celular y la acumulación de carbohidratos, favorece el tamaño de los frutos, su sabor, su color y olor de las flores, además hace a las plantas resistentes a enfermedades. La pérdida de este macronutriente se debe a la absorción de las plantas o a la erosión (HANNA, 2004). Los datos ofrecidos en los análisis de laboratorio, también indican valores bajos (bajo, trazas) en la presencia de este elemento en el suelo.

Según estos datos, los alumnos concluyeron que estamos ante un suelo con valores bajos de macronutrientes, lo cual haría necesaria la adición de los mismos para facilitar el proceso de cultivo y la producción de estas plantas en función de sus necesidades. Para ello, existen multitud de páginas web que ofrecen información acerca de las cantidades necesarias por cultivo, hectárea y tipos de suelo, que los alumnos pudieron consultar y usar en el desarrollo de este trabajo práctico. Se les recomendó la consulta de las publicaciones de la *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO* (www.fao.org), que informan sobre datos de producción, tolerancia y necesidades de estos elementos macronutrientes, micronutrientes y agua (FAO, 2012), o las del *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* del Gobierno de España (<http://www.mapama.gob.es/>).

4. CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de que los suelos volcánicos, en concreto los calatravos, presentan un alto nivel de productividad y posibilidades agrícolas importantes (Raggi, 1983:217), los datos de los análisis de campo y laboratorio desarrollados en las prácticas, muestran un suelo con carencias de macronutrientes, una fertilidad comprometida

que obligaría a la adicción artificial de éstos para aumentar la producción.

Tras el desarrollo de las prácticas, se discutió con los alumnos que esto podría estar explicado porque el estrato sobre el que se desarrolla el suelo corresponde a un depósito de tipo lahar (horizonte C, R) en el que existen rocas basálticas y trozos de oleadas piroclásticas, pero también una importante presencia de carbonatos y encostramientos calcáreos, materiales removilizados por el lahar que no son estrictamente volcánicos. Además, del escaso desarrollo edáfico, especialmente en el horizonte A1 (Ap), junto con otros parámetros como la textura (principalmente arenosa) y la importante porosidad que estaría facilitando la evapotranspiración y el lavado de parte de las bases.

Aparte de las competencias y resultados de aprendizaje esperados, con este trabajo práctico también se pretende dar transversalidad a los contenidos y métodos de *Edafología*, con aquellos desarrollados en asignaturas como *Biogeografía* (*Fitogeografía*, *Geografía de las Plantas*), o *Geografía Rural*. Este enfoque es esencial para el conocimiento de las plantas, su soporte físico, fuente importante de nutrientes, agua y aire para el crecimiento de las mismas, la necesidad de conocer la asociación de tipos de suelo con comunidades vegetales, y las aptitudes edáficas para determinados cultivos y su producción. Por tanto, se hace necesario realizar trabajos prácticos transversales entre asignaturas con conceptos, métodos y finalidades diferentes, para el estudio de un mismo hecho geográfico: las plantas (naturales o cultivadas).

No obstante, hay que mencionar dos dificultades a la hora de desarrollar las prácticas de este seminario. Por un lado, la carencia de materiales e instrumentos para el desarrollo de análisis físicos y químicos en laboratorio, lo cual depende de la financiación para un Grado perteneciente a la rama de Artes y Humanidades (se imparte en la Facultad de Letras – UCLM), pero que utiliza métodos propios de ciencias. Por otro, la falta de información sobre la producción agrícola en el territorio de estudio, lo cual permitiría contrastar los datos analizados con la producción real, y corroborar o refutar las conclusiones alcanzadas.

Y por último, una particularidad que tiene este trabajo práctico sobre el volcán Columba, además de conocer la aptitud de los suelos volcánicos muy localizados en la Península Ibérica, es la posibilidad de observar un paleosuelo fosilizado entre dos depósitos volcánicos (escorias/lavas basálticas y oleadas piroclásticas), que correspondería a un andosol, con un alto contenido en arcillas y de textura fragipán, con restos de moldes vegetales carbonizados tras la última erupción de este volcán (± 5.600 BP) posiblemente de herbáceas (*Typha* o *Scirpus lacustris* S.I.) (González et al., 2008a,b).

AGRADECIMIENTOS

La Facultad de Letras–UCLM, ha facilitado el transporte de los alumnos para el desarrollo de los trabajos prácticos. Los reactivos químicos y los materiales de trabajo de campo y de laboratorio, son los propios del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio–UCLM.

5. REFERENCIAS

BECERRA-RAMÍREZ, R. 2013: *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la Región Volcánica de Campo de Calatrava*. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, inédita, 822 p. Disponible en: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/3606>

DORRONSORO, C.F. 2017: *Web de Edafología y los suelos*. <http://www.edafologia.net/> Consulta 4/10/2017.

FAO. 2012. *Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua*. Estudio FAO: Riego y Drenaje nº66. Ed. Org. Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, 511 p.

FERRERAS, C. & FIDALGO, C. 2009: *Biogeografía y Edafogeografía*. Madrid, Ed. Síntesis, 262 p.

GONZÁLEZ, E., GOSÁLVEZ, R.U., BECERRA-RAMÍREZ, R., ESCOBAR, E. & REDONDO, M. 2008a: "Condiciones paleoambientales en el Holoceno medio del Campo de Calatrava oriental (Ciudad Real, España): resultados preliminares, en VV.AA.: *Avances en Biogeografía*. Ed. U. Complutense, Madrid, pp. 155-162.

GONZÁLEZ, E., BECERRA-RAMÍREZ, R., GOSÁLVEZ, R.U. & ESCOBAR, E. 2008b: "Dèpots de lahar aux volcans de Cerro Gordo et Columba, Campo de Calatrava (Espagne)" *Annals of Valabia University of Targoviste, Geographical Series*, Vol. Nº8, pp. 93-102.

GONZÁLEZ, E., GOSÁLVEZ, R.U., BECERRA-RAMÍREZ, R. & ESCOBAR, E. 2010: "Evidencias de actividad hidromagmática de edad holocena en el volcán Columba, Campo de Calatrava (España)", en González, E., Escobar, E., Becerra-Ramírez, R., Gosálvez, R.U. y Dóniz, J. (eds.): *Aportaciones recientes en Volcanología, 2005-2008*. Ciudad Real, Ed. Centro de Estudios Calatravos, pp. 75-84.

GONZÁLEZ, E., GOSÁLVEZ, R.U., ESCOBAR, E. & BECERRA-RAMÍREZ, R. 2013: *Volcanes. El latido del Campo de Calatrava*. Villaluenga de la Sagra, Ed. LAFARGE SAU, 185 p.

HANNA. 2004: *Soil Test Handbook. Soil Science and Management*. HI3896 HANNA Soiltest. HANNA INSTRUMENTS, 15 p.

RAGGI, R. 1983: "Estudio sobre la génesis, caracterización y evaluación de los suelos desarrollados a partir de materiales volcánicos del Campo de Calatrava, Región de La Mancha, Ciudad Real". *Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Colección Tesis Doctorales, nº 42*, 263 p.

ROZAS, J.L. 2010: *Diccionario de términos edafológicos*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, 1050 p. (2 tomos).

UPV CANAL YOUTUBE - Universitat Politècnica de València. (2011): *Cómo describir el perfil de un suelo*. <https://www.youtube.com/watch?v=QSUf4t6iEy4> Consulta 4/10/2017.

USDPAH – US Dept. Agriculture Handbook. 2000: *Soil Color Charts*. Ed. GretagMacbeth, New Windsor.

PROPUESTA METODOLÓGICA PRELIMINAR PARA EL ESTUDIO PALEOBOTÁNICO DEL ANTIGUO EGIPTO

Maravillas Boccio Serrano

Institut d'Estudis del Pròxim Orient Antic, UAB

maboccio@gmail.com

RESUMEN:

La presencia de plantas en las fuentes documentales egipcias es prácticamente constante, pero la bibliografía que ha generado es escasa. Se presenta una propuesta a un estudio sistemático de plantas del Antiguo Egipto. Un estudio paleobotánico del antiguo Egipto ha de comenzar por la identificación de las plantas a través de las diversas fuentes que proporciona la cultura egipcia. El objetivo de la presente contribución es mostrar la necesidad de considerar a la planta en su totalidad, es decir, como elemento integrante de una sociedad y como ser vivo. Se propone un esquema metodológico para la identificación de plantas egipcias, se comenta la bibliografía existente en función del método y se expone la necesidad de ampliar los puntos de vista respecto a cómo tradicionalmente desde la Egiptología se han tratado las plantas.

Palabras clave: fitoegiptología, flora egipcia, fuentes documentales, identificación, paisaje natural.

ABSTRACT (Methodological proposal for the paleobotanical study of Ancient Egypt):

The presence of plants in documented sources from Ancient Egypt is practically constant, but there is very little literature on this topic. A proposal for a systematic study of Ancient Egyptian plants is presented. A paleobotanical study of Ancient Egypt must begin with the identification of plants through the various sources provided by the Egyptian culture. The objective of this contribution is to show the need to consider the plant as a whole, that is, as an integral element of a society and as a living being. A methodological flow is proposed for the identification of Egyptian plants. The existing literature is discussed in relation to this methodological flow. Finally, the need to widen the perspectives regarding how plants have been traditionally treated within Egyptology is inferred.

Keywords: phyto-Egyptology, Egyptian flora, documented sources, identification, natural landscape.

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de plantas es constante en todos los ámbitos del antiguo Egipto, pero son pocos los estudios egiptológicos que les son dedicados.

El presente trabajo intenta ser una breve introducción a un estudio sistemático de plantas egipcias. Para estudiar las plantas es preciso saber de qué especies se trata. Ahí surge un primer problema, ya que se desconoce el significado preciso de la mayor parte de palabras egipcias referentes a las plantas. Un estudio paleobotánico del antiguo Egipto debe comenzar con la identificación de las plantas a partir de las diversas fuentes que proporciona la cultura egipcia.

Se entiende por “identificación” la asociación de una palabra egipcia con una o varias especies de planta, o bien varias palabras egipcias con una sola especie de planta siguiendo la nomenclatura binaria.

El objetivo de la presente investigación es demostrar la necesidad de considerar a la planta en su totalidad, es decir, como un elemento integrante de una sociedad con una cultura determinada, y, a la vez, como un ser vivo con identidad propia. Las plantas tienen una distribución y una interacción con el medio y con otras plantas que no puede obviarse.

Se propone un método que recoge los aspectos relacionados con la identificación de una planta y con la bibliografía existente. También se expone la necesidad de ampliar los puntos de vista respecto a cómo las plantas han sido tratadas tradicionalmente desde la Egiptología.

2. EL MÉTODO. ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS PLANTAS EGIPCIAS

Las plantas del antiguo Egipto han llegado hasta hoy en forma de restos arqueológicos, o bien haciendo referencia a ellas en los textos o en la iconografía. Fueron escogidas por los egipcios, y por ello hay una selección de las plantas incluidas en estas fuentes, pues solamente se registran aquellas plantas que tenían una utilidad ya sea médica, ritual, alimenticia o técnica, entre otras.

Para la identificación de plantas del antiguo Egipto se propone un esquema metodológico que consta de dos partes principales: fuentes documentales y fuentes bibliográficas. Por fuentes documentales se entienden las diferentes fuentes egipcias a partir de las cuales se puede obtener información sobre las plantas del antiguo Egipto; por el contrario, las fuentes bibliográficas engloban la bibliografía dedicada a las plantas de Egipto desde diferentes temáticas.

El método en su conjunto estudia los aspectos relacionados con las plantas considerados hasta ahora de forma tradicional en la Egiptología y añade otros factores, utilizados hasta ahora tan solo de forma parcial y esporádica, que se habrían de tener en cuenta de forma sistemática para avanzar en los conocimientos sobre las plantas egipcias.

Se presentan, de forma resumida, las fuentes documentales a las que se aplica el método, ya que son la base de cualquier estudio relacionado con la identificación de las plantas. Estas fuentes están integradas por dos grandes grupos. Por un lado, se encuentran las fuentes con un contenido social o cultural, integrado por las fuentes

propiaamente egipcias y por el legado de los autores clásicos. Este tipo de fuentes es el que ha venido utilizando de forma tradicional la Egiptología para el estudio de las plantas. Pero el método contempla otro grupo de fuentes documentales de carácter más biológico formado por los estudios florísticos del territorio egipcio a lo largo del tiempo y por la etnobotánica actual. La Egiptología no ha hecho uso, de forma sistemática, de los elementos que integran este segundo grupo. Ambos grupos son complementarios para progresar en el conocimiento de las plantas del antiguo Egipto.

2.1. FUENTES DOCUMENTALES DEL ANTIGUO EGIPTO

En este apartado se contemplan las fuentes documentales del antiguo Egipto que han llegado hasta nuestros días y cuyo contenido se relaciona con las plantas. Básicamente se reúnen en tres grupos: restos arqueológicos, iconografía y textos.

2.1.1. Restos arqueológicos

La arqueología aporta muchos datos para la identificación de las plantas. Por una parte puede proporcionar un acceso directo a la planta. Hay muchos restos botánicos en forma de semillas o frutos en asentamientos humanos o en tumbas, o también se pueden encontrar ramos de flores formando parte del ajuar funerario en tumbas. Las plantas encontradas en estas condiciones, en su mayoría, pueden ser identificadas sin muchos problemas. Esta forma de identificación ha despertado gran interés desde el principio de la Egiptología y un ejemplo es Schweinfurth (1887) ya que parte de su obra está dedicada a este tipo de investigación.

Actualmente hay una obra básica de consulta en materia de arqueobotánica egipcia que es el *Codex* (Vartavan & Asensi, 1997). Es un libro que recoge todos los restos botánicos egipcios encontrados hasta la fecha de su publicación. Las plantas están ordenadas alfabéticamente por sus nombres científicos, se indica la datación, el lugar donde ha sido encontrada y la bibliografía que proporciona esos datos.

Otra manera de contribuir la arqueología a la identificación de plantas es de forma indirecta. En este caso la arqueología proporciona objetos que han estado en contacto con plantas o productos hechos a partir de plantas que han dejado residuos en estos objetos. Se trata de material muy diverso como vasijas, ánforas, jarras, moldes de pan o vendas de momificación entre otros. Mediante diferentes técnicas analíticas se procede a la identificación de la composición química del residuo y posteriormente se comparan los resultados obtenidos con sustancias características de especies vegetales. La bibliografía de estos estudios es reciente, debido a la tecnología empleada.

Así pues, la arqueobotánica es una buena fuente de información. En casos concretos llega a ser una prueba decisiva en la identificación, puesto que la presencia o no de restos botánicos de una especie concreta puede ser clave en la identificación de una planta.

2.1.2. Iconografía

Una forma de identificación más intuitiva es la que proporciona la iconografía. Son innumerables las representaciones de plantas dibujadas o esculpidas que se

encuentran tanto en los muros de los grandes templos o de las tumbas como en pequeños ostraca.

Generalmente son representaciones que se repiten en contextos similares. Por ejemplo, las escenas de marismas tienen pocas variaciones unas con respecto a otras: prácticamente siempre son las mismas plantas las que se representan. Otro ejemplo son las mesas de ofrenda donde ciertos vegetales están siempre presentes. Ante estos casos cabe preguntarse ¿siempre está representada la misma planta, o tal vez es un prototipo que incluye diferentes plantas?

Otra dificultad añadida a las fuentes iconográficas es la forma en que se presenta la planta. Salvo casos excepcionales, la mayoría de las plantas no presentan trazos característicos que discriminen. En conjunto las representaciones egipcias de plantas son muy esquemáticas abriéndose un gran abanico de posibilidades para su identificación. Esta indefinición también puede tener otra lectura, ya que cabe la posibilidad de que sea un conjunto de plantas las que estén representadas en un dibujo o grabado y no solamente una especie concreta.

Todo ello hace que los datos aportados por la iconografía sean difíciles de interpretar. Se ha de tener un buen conocimiento previo de las plantas para su posible identificación.

En este apartado de iconografía cabe resaltar el trabajo realizado por Beaux (1990) en el “jardín botánico” de Karnak. En esta obra la autora realiza un gran esfuerzo de interpretación para asociar cada grabado con una especie concreta de planta.

2.1.3. *Textos*

Una fuente de información complementaria a la arqueología son los textos. La mayoría están escritos sobre papiro en escritura hierática. La presencia de las plantas en la documentación egipcia escrita es muy numerosa y variada. En literatura, destaca el *Oasita elocuente*. Al comienzo del cuento se enumeran los productos del wadi Natrun que Khuninpu venderá en Egipto y entre la mercancía se encuentra una serie de plantas como *kheper-ur* o *misut* (Grandet, 1998).

Dentro de los textos egipcios, es el *corpus* de escritos médico el más destacado en relación a las plantas. Junto a invocaciones a los dioses, se encuentran remedios para diversas enfermedades donde aparecen numerosas plantas formando parte de los ingredientes. La información aportada por estos documentos es más de tipo terapéutico que botánico. Es decir, generalmente no hay descripciones de la planta, su mención en el texto se debe a sus propiedades que, según los conocimientos egipcios, están indicadas para combatir cierta enfermedad. Por tanto, los textos egipcios destacan fundamentalmente la farmacognosia de la planta, pero no su botánica.

Desde el principio de la Egiptología, a medida que se han ido conociendo y estudiando, los diferentes papiros y ostraca de contenido médico se han ido publicando. Esto ha dado lugar a una extensa bibliografía que, sin embargo, se encuentra disgregada. La dispersión genera un problema, puesto que el estudio de los textos médicos se ha de contemplar en su conjunto, ya que las conclusiones que se pueden extraer de una sola receta son escasas. De esta situación fueron conscientes

los egiptólogos de mediados del siglo XX, de manera que, bajo la dirección de Hermann Grapow, se recopiló toda la documentación médica disponible hasta ese momento, lo cual dio como resultado la magnífica publicación *Grundriß der Medizin der alten Ägypter*, en 9 volúmenes. No es una obra fácil de consultar debido a la dificultad de conseguir ejemplares. Actualmente hay alternativas a los *Grundriß* para un estudio básico de los textos médicos egipcios. Es fundamental consultar la obra de Bordinet (1995). Se trata de una recopilación actualizada de todo el *corpus* médico. La obra de Bordinet se complementa perfectamente con la web *Medizinische Schriften der alten Ägypter* (www.medizinische-papyri.de). Dicha web presenta diferentes documentos médicos con el facsímil en hierático junto con la transcripción jeroglífica y la traducción en alemán.

Otro grupo importante de fuentes textuales es de carácter religioso. Estos textos están escritos en jeroglífico sobre diferentes soportes. Entre los papiros destaca el papiro geográfico de Tanis (Griffith & Petrie, 1898) que asocia el nombre de un árbol a una montaña sagrada, a una festividad y a un terreno agrícola.

Las plantas también se hallan mencionadas en los grandes templos egipcios, esculpidas sobre sus muros. Los recintos sacros más destacados para las plantas son los llamados “laboratorios” de los templos ptolemaicos¹. En sus muros se encuentran escritas recetas para la elaboración de ungüentos y perfumes con diferentes ingredientes incluidos los de origen vegetal.

En el ámbito privado se podría citar la tumba de Ineni (TT 81). En la entrada de dicha tumba en Sheih Abd el-Qurna, en el segundo pilar, hay cuatro registros donde se observa una enumeración de plantas (Porter, Moss, 1927-1995: vol. I, 1: 159, 161 (11)). La lista está formada por 20 términos y junto al nombre de cada planta hay una cantidad asociada que indicaría el número de ejemplares de cada especie (Sethe 1909: 73, 11-17).

Por último, dentro de las fuentes textuales es obligado mencionar el papiro Carlsberg 230 (Tait, 1991). Está escrito en demótico. Se trata de un listado sistemático que podría haber alcanzado hasta las 90 plantas. Cada planta tiene un número de entrada seguido de su nombre, una descripción de su aspecto y por último uno o más usos.

En este breve repaso a los textos egipcios de contenido botánico se aprecia la diversidad de documentos, tanto en cantidad como en temática. La variedad de textos complica la investigación, principalmente la consulta de plantas concretas. Esta dificultad está resuelta, al menos en parte, gracias al *Recueil* (Charpentier, 1981). Dicho autor ha recopilado todos los términos botánicos que se encuentran en los textos egipcios, los ha reunido en un libro de dos volúmenes y los ha ordenado siguiendo el orden de transliteración. Cada término constituye una ficha numerada, sumando un total de 1531. En cada ficha se incluye el jeroglífico, la transliteración, la datación, las fuentes documentales y bibliográficas y el significado del término en cuestión. El *Recueil* facilita mucho el inicio del estudio de una planta determinada puesto que pone al alcance del investigador una gran información para comenzar a trabajar.

¹ Para el “laboratorio” de Edfu véase CHASSINAT 1918: 189-230. Para el “laboratorio” de Dendera véase DAUMAS 1987: 123-159.

2.2. FUENTES DOCUMENTALES DE ÉPOCA POSTERIOR A LA FARAÓNICA

Las fuentes documentales posteriores son aquellos documentos de referencia para el estudio de las plantas egipcias datados en épocas ulteriores al antiguo Egipto. Se trata de una documentación generalmente escrita, datada desde la época clásica hasta la actualidad. La temática de este tipo de fuentes es ya de carácter botánico. La botánica puede estar presente como tal, cuando se trata de recopilaciones florísticas, o bien unirse a la antropología, en el caso de las obras de etnobotánica.

2.2.1. Obras florísticas prelinneas

Se trata de obras de contenido botánico aplicado al territorio egipcio escritas desde la época clásica hasta comienzos del siglo XVIII. Son trabajos donde las plantas no son denominadas por la nomenclatura binaria establecida por Linneo.

La primera obra destacada es *Historia de las Plantas* (Teofrasto, 1988). Es un tratado formado por nueve libros, que recoge todos los conocimientos botánicos de la época. La presencia de Teofrasto en Egipto es cuestionable; a pesar de ello, dedica todo el capítulo segundo del libro IV a los árboles de Egipto. Además de este capítulo dedicado a Egipto, las referencias al territorio egipcio por parte de Teofrasto son numerosas a lo largo de todo el tratado, lo cual hace de este una obra de consulta esencial para estudiar las plantas del antiguo Egipto.

Una obra dedicada enteramente a Egipto es la realizada por Prosper Alpin (2007), médico veneciano del siglo XVI. Alpin fue enviado por el patriarca de Venecia a Egipto, donde permaneció tres años y medio. A su regreso a Venecia decidió escribir un libro sobre las plantas que había visto allí. La obra se presenta como un diálogo en el Jardín Botánico de Padua entre Prosper Alpin y Melchior Wieland, director del Jardín. En cada capítulo se describe una planta y contiene una ilustración de la misma.

2.2.2. Obras florísticas linneas

Se hará un repaso cronológico a las diferentes floras egipcias cuyo contenido se expresa con nomenclatura binaria. Son trabajos realizados desde mediados del siglo XVIII hasta la actualidad.

La primera obra florística de Egipto fue la *Flora Aegyptiaco-Arabica* (Forskål, 1775) realizada por Petrus Forskål, discípulo de Linneo, en la segunda mitad del siglo XVIII. No se trata de una flora exclusiva de Egipto, también se incluyen estudios florísticos de Malta, el área de los Dardanelos, algunas islas griegas y la Arabia Felix. Respecto a Egipto, Forskål estudió el Delta, concretamente Alejandría, Rosetta, El Cairo y Suez. La importancia de esta obra no es tanto el contenido, que también, sino el hecho de realizar por primera vez un estudio florístico sistemático en territorio egipcio.

Pero fue a raíz de la campaña napoleónica a finales del siglo XVIII-principios del XIX que aumentó el interés por conocer Egipto en el mundo occidental, en concreto en Europa. Y es a partir de ese momento que los estudios relacionados con Egipto, incluidos los estudios botánicos, han tenido una continuidad hasta la actualidad. Napoleón se hizo acompañar de un grupo de eruditos con la idea de

realizar estudios de Egipto desde diversos campos de la ciencia. El resultado de estos trabajos fue la publicación de la *Description de l'Égypte*, una obra formada por un conjunto de libros de temáticas diferentes. Al frente de los estudios naturalísticos estaba el botánico Alyre Raffeneau-Delile y el resultado de sus trabajos se recoge en el libro denominado *Histoire naturelle*. En este libro se encuentran diferentes monografías referente a las plantas entre las que destaca *Florae Aegyptiacae illustratio* (Delile, 1813a). Siguiendo el modelo utilizado por Forskål, Delile elabora un catálogo de 1030 especies de plantas pertenecientes a todo el territorio egipcio, diferencia sustancial respecto a Forskål que se centró en el Delta. Esta obra se complementa con otra, *Flore d'Égypte* (Delile, 1813b), donde Delile describe de forma muy detallada las excelentes ilustraciones de más de 180 especies recogidas en 62 láminas.

Es, por tanto, a partir de Delile cuando se inicia el camino de estudios de flora y vegetación de Egipto que llega hasta nuestros días.

Las exploraciones botánicas de Paul Ascherson y Georg Schweinfurth, junto a la documentación botánica existente hasta el momento y que ellos recopilaron, dio como resultado la obra *Illustration de la flore d'Égypte* (Ascherson & Schweinfurth, 1889), titulada así en honor a Delile a quien consideraban su predecesor. El conocimiento de la flora de Egipto que tenían les permitió realizar una distribución biogeográfica de las especies de una manera más detallada y precisa que sus predecesores. Y esta división territorial de Egipto en unidades biogeográficas, que se mantiene en la actualidad con algunas modificaciones, es la gran contribución de Ascherson y Schweinfurth a los estudios florísticos egipcios.

Pero las obras publicadas hasta el momento no dejan de ser catálogos de plantas no demasiado completos. Será Reno Muschler quien publique la primera flora de Egipto en dos volúmenes (Muschler, 1912). Muschler continúa y mejora las aportaciones de Ascherson y Schweinfurth, realiza una descripción detallada de los helechos y las plantas con flor tanto indígenas como naturalizadas que se encuentran dentro de los límites de Egipto, da una información muy completa de la distribución biogeográfica de cada especie dentro del país y al final de la obra introduce unos apéndices muy útiles que permiten una visión global de la flora de Egipto.

No obstante, los avances científicos en botánica a lo largo del siglo XX hacen que la comunidad científica mundial se plantee, a mediados de siglo, la necesidad de elaborar nuevas floras más precisas. Egipto no es ajeno a esta necesidad y es así como surge la *Flora of Egypt* (Täckholm & Drar, 1956-1973). De cada especie se proporcionan los distintos sinónimos y una descripción detallada, así como su distribución en el territorio egipcio. La existencia de numerosas ilustraciones facilita la identificación de las plantas. Täckholm, consciente de la complejidad de la obra, publicó paralelamente una versión reducida de la *Flora* titulada *Students' Flora of Egypt* (Täckholm, 1956, 1974²) para una identificación más rápida.

La *Flora* de Täckholm ha sido una obra de referencia para los estudios florísticos de Egipto durante la segunda mitad del siglo XX. Loutfy Boulou es el sucesor de Täckholm y autor de la actual *Flora of Egypt* publicada en 4 volúmenes (Boulou, 1999-2005). Boulou actualiza y revisa la información aportada por Täckholm y adapta la nomenclatura a las normas vigentes. Como novedad proporciona información del

área de distribución a nivel mundial de cada especie. A diferencia de Täckholm, Boulos no ha publicado una flora manual, pero sí ha editado diferentes catálogos florísticos de Egipto. En el último catálogo (Boulos, 2009) incorpora treinta y una especies nuevas no recogidas en su *Flora*.

2.2.3. Etnobotánica

En el antiguo Egipto había muchas plantas que no han quedado recogidas en las fuentes. Su presencia en las fuentes de época faraónica viene determinada por la utilidad, pues solamente aquellas que tenían un provecho han quedado documentadas. Podría decirse que las fuentes documentales egipcias tienen una gran carga etnobotánica, puesto que la presencia de plantas en dichas fuentes está motivada por el uso que se hacía de ellas.

Las fuentes documentales posteriores al antiguo Egipto también tienen una componente etnobotánica ya que, en mayor o menor medida, casi todas las obras hacen referencia a usos de plantas. Así, Alpin, en su libro sobre las plantas de Egipto, dedica un apartado a los usos que los egipcios del siglo XVI daban a las plantas que describe.

Hay obras de la época clásica que, si bien no son de temática etnobotánica, de su contenido sí se puede extraer este tipo de información. Es el caso de *Los nueve libros de la Historia* (Herodoto, 2006). El libro II está dedicado a Egipto. En él, Herodoto, describe el país del Nilo desde su propia perspectiva. Herodoto habla de plantas como *biblo*, utilizada en alimentación y “otros usos” (II, 92), o de la fruta de *siliciprios* para elaborar el ungüento *kiki* (II, 94). También describe la construcción de barcas egipcias a partir de madera de espino (II, 96). De esta manera Herodoto puede considerarse una fuente directa de información acerca de los usos de las plantas por parte de los egipcios.

Otra fuente de información etnobotánica es *De materia médica* (Dioscórides, 1998). La obra recoge los principios activos utilizados en la medicina de época clásica. Dado que en la Antigüedad la botánica estaba íntimamente relacionada con la medicina, el número de plantas que aparecen en la obra de Dioscórides es considerable. No se trata, pues, de una obra específica de Egipto, pero sí puede ayudar a la identificación de plantas egipcias por comparación entre los usos.

Las sociedades tradicionales conservan sus costumbres transmitiéndolas, generalmente de forma oral, de una generación a la siguiente. De esta manera muchas prácticas populares han sobrevivido hasta el día de hoy. En el campo de la botánica hay abundante bibliografía que recoge el uso de las plantas en sociedades que conservan sus costumbres. Estos estudios se basan en entrevistas directas a personas que utilizan las plantas tal como lo hacían sus antepasados. Así, los trabajos de etnobotánica actuales pueden considerarse también fuentes documentales para el estudio de las plantas del antiguo Egipto.

3. CONCLUSIONES

La Egiptología estudia el antiguo Egipto en un sentido amplio. Es decir, estudia la cultura egipcia en su conjunto, lo cual se concreta en aspectos como la lengua, la

política, la religión, la economía, la medicina, el sistema social, etc. Todo ello se basa en la documentación egipcia formada por papiros, óstraca, cerámica, construcciones o cualquier otro tipo de restos datados en este período. Esta diversidad de temáticas hace que la Egiptología sea una ciencia compleja y dinámica.

Así pues, la Egiptología se sustenta sobre dos pilares. Uno es el conocimiento que aportan otras ciencias, tanto humanas y sociales como técnicas y naturales y otro pilar es la capacidad de interpretar las fuentes documentales egipcias.

La conclusión principal es que la interdisciplinariedad en los estudios egiptológicos es la vía para avanzar en el conocimiento de la cultura del antiguo Egipto.

Son unas primeras apreciaciones elementales fruto de una propuesta preliminar a partir del estudio de la documentación egipcia desde un punto de vista botánico. Se trata, pues, de una botánica aplicada al antiguo Egipto, centrada principalmente en la identificación de las plantas y sus aplicaciones. Se ha ideado un método preliminar en el que la documentación egipcia y la botánica tienen un punto de encuentro. El método intenta dar una explicación acerca de las fuentes egipcias en el ámbito botánico.

4. BIBLIOGRAFÍA

ALPIN, P. 2007: *Plantes d'Égypte par Prosper Alpin 1581-1584* (Trad. FENOYL, R.). Voyageurs 22. El Cairo, IFAO, 200 p.

ASCHERSON, P. & SCHWEINFURTH, G. 1889: "Illustration de la flore d'Égypte". *MIE*, 2:25-260.

BARDINET, T. 1995: *Les papyrus médicaux de l'Égypte pharaonique: Traduction intégrale et commentaire*. París, Fayard, 591 p.

BEAUX, N. 1990: *Le cabinet de curiosités de Thoutmosis III*. OLA 36. Lovaina, Peeters, 349 p.

BOULOS, L. 1999-2005: *Flora of Egypt*. 4 vols. El Cairo, Al Hadara Publishing.

BOULOS, L. 2009: *Flora of Egypt Checklist. Revised Annotated Edition*. El Cairo, Al Hadara Publishing, 410 p.

CHARPENTIER, G. 1981: *Recueil de matériaux épigraphiques relatifs à la botanique de l'Égypte Antique*. París, Trismégiste, 968 p.

CHASSINAT, E. 1918: *Le temple d'Edfou II*. MIFAO 11. El Cairo, IFAO, 314 p.

DAUMAS, F. 1987: *Le temple de Dendera*. Vol. I: *texte*. Dendera 9. El Cairo, IFAO, 289p.

DELILE, A.R. 1813a: "Florae Aegyptiacae illustratio", en *Description de l'Égypte, ou recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française. Histoire Naturelle*. Vol 2. París: Imprimerie Impériale, pp. 49-82.

DELILE, A.R. 1813b: "Flore d'Égypte. Explication des planches", en *Description de l'Égypte, ou recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française. Histoire Naturelle*. Vol 2. París: Imprimerie Impériale, pp. 145-320.

DIOSCÓRIDES. 1998: *Plantas y Remedios Medicinales (De Materia Médica)*. (Trad. GARCÍA, M.) 2 vols. Biblioteca Clásica Gredos 253. Madrid, Gredos.

FORSKÅL, P. 1775: *Flora Aegyptiaco-Arabica. Sive descriptiones plantarum, quas per Aegyptum Inferiorem et Arabiam Felicem*. Copenhagen, Carsten Niebuhr, 220 p.

GRANDET, P. 1998: *Contes d'Égypte ancienne*. París, Hachette Littératures, 192 p.

GRIFFITH, F.L. & PETRIE, W.M.F. 1889. *Two Hieroglyphic Papyri from Tanis*. MEEF 9. Londres, Trübner & Co, 42 p.

HERODOTO. 2006: *Los Nueve Libros de la Historia*. (Trad. POU, B.). http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2011/los_9librosh.pdf (consultada 5 de julio de 2017)

MUSCHLER, R. 1912: *A Manual Flora of Egypt*. Berlín, Friedlaeden & Sohn, 1.312 p.

PORTER, B. & MOSS, R.L.B. 1927-1995: *Topographical Bibliography of Ancient Egyptian Hieroglyphic Texts, Reliefs and Paintings*. 7 vols. Oxford, Oxford University Press.

SETHE, K. 1909: *Urkunden des 18. Dynastie*. Leipzig, Hinrichs 314 p.

STUHR, M. *medizinische Schriften der alten Ägypter* <http://www.medizinische-papyri.de/Start/index.html> (consultada 5 de julio de 2017)

TÄCKHOLM, V. 1956, 1974²: *Students' flora of Egypt*. El Cairo, Anglo-Egyptian Bookshop 649 p.

TÄCKHOLM, V. & DRAR, M. 1941-1973: *Flora of Egypt*. 4 vols. El Cairo: University Press.

TAIT, W.J. 1991: "P.Carlsberg 230: Eleven fragments from demotic herbal", en Frandsen, P.J. (ed.) *The Carlsberg Papyrus I. Demotic Text from the Collection*. Copenhagen, Museum Tusculanum Press, pp 47-92.

TEOFRASTO. 1988: *Historia de las Plantas*. (Trad. DÍAZ-REGAÑÓN, J.M.). Biblioteca Clásica Gredos 112. Madrid, Gredos 531 p.

SCHWEINFURTH, M. 1887: Sur les dernières découvertes botaniques dans les anciens tombeaux de l'Égypte. *Bulletin de l'Institut Égyptien* (2^a série), 7:419-433.

VARTAVAN, Chr. & ASENSI, V. 1997: *Codex of Ancient Egyptian Plant Remains. Codex des restes végétaux de l'Égypte ancienne*. Londres, Triade Exploration 401 p.

CARTOGRAFIA DE UNIDADES AMBIENTALES Y BIOGEOMORFOLÓGICAS DEL PARQUE NACIONAL DE ARLY (BURKINA FASO)

Rafael Cámara Artigas¹ y Yemboado Georges Namoano²

¹*Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla*

²*Parque Nacional de Arly, Office National des Aires Protégées, Ministère de*

l'Environnement, de l'Economie Verte et du Changement Climatique, Burkina Faso

¹*rcamara@us.es, ²namoano.yg@gmail.com,*

RESUMEN:

Se realiza una cartografía de la distribución espacial de las unidades biogeomorfológicas (UBG) del Parque Nacional de Arly, al Sudeste de Burkina Faso, ecotono de sabanas y Bosques Secos a sabanas herbáceas por inundación durante la estación húmeda. Las unidades se identifican partir de la caracterización bioclimática, edafo-geomorfológica e hidrológica de las formaciones vegetales que se distribuyen en el área protegida, con una importante fauna de macro mamíferos, (leones, leopardos, búfalos, elefantes, hipopótamos), una importante avifauna ligada a las sabanas, bosques y humedales, y entre los reptiles cocodrilos y diversos ofidios. Se ha utilizado técnicas de identificación de campo y cartográficas basada en teledetección, por interpretación y clasificación supervisada a partir de identificación en campo de los sitios de entrenamiento de las formaciones vegetales. Como resultado se han obtenido 15 unidades biogeomorfológicas, 10 en humedales y áreas de inundación estacional, y 5 sobre colinas y vertientes con restos de corazas ferralíticas. Estas se agrupan en dos grandes unidades ambientales (UA) en función de los factores mesológicos: llanura aluvial y riberas, y mesetas y vertientes no inundables.

Palabras clave: humedales tropicales, sabanas, Burkina Faso, teledetección.

ABSTRACT (Cartography of environmental and biogeomorphologic units of Arly National Park (Burkina Faso):

A cartography of the spatial distribution of the biogeomorphological units (UBG) of the Arly National Park, to the Southeast of Burkina Faso, ecotone of

savannahs and Dry Forests to herbaceous savannas by flood during the wet season is carried out. The units are identified from the bioclimatic, edapho-geomorphological and hydrological characterization of the plant formations that are distributed in the protected area, with an important fauna of macromammals, (lions, leopards, buffalos, elephants, hippos), an important avifauna linked to the savannahs, forests and wetlands, and among reptiles crocodiles and various snakes. Field identification and cartographic techniques based on remote sensing have been used, based on interpretation and supervised classification based on field identification of training sites for plant formations. As a result, 15 biogeomorphological units have been obtained, 10 in wetlands and seasonal flooding areas, and 5 on hills and slopes with traces of ferrallitic cuirasse. These are grouped into two large environmental units (UA) according to the mesological factors: alluvial plain and banks, and plateaus and non-flooding slopes.

Keywords: tropical wetlands, savannas, Burkina Faso, remote sensing.

1. INTRODUCCIÓN

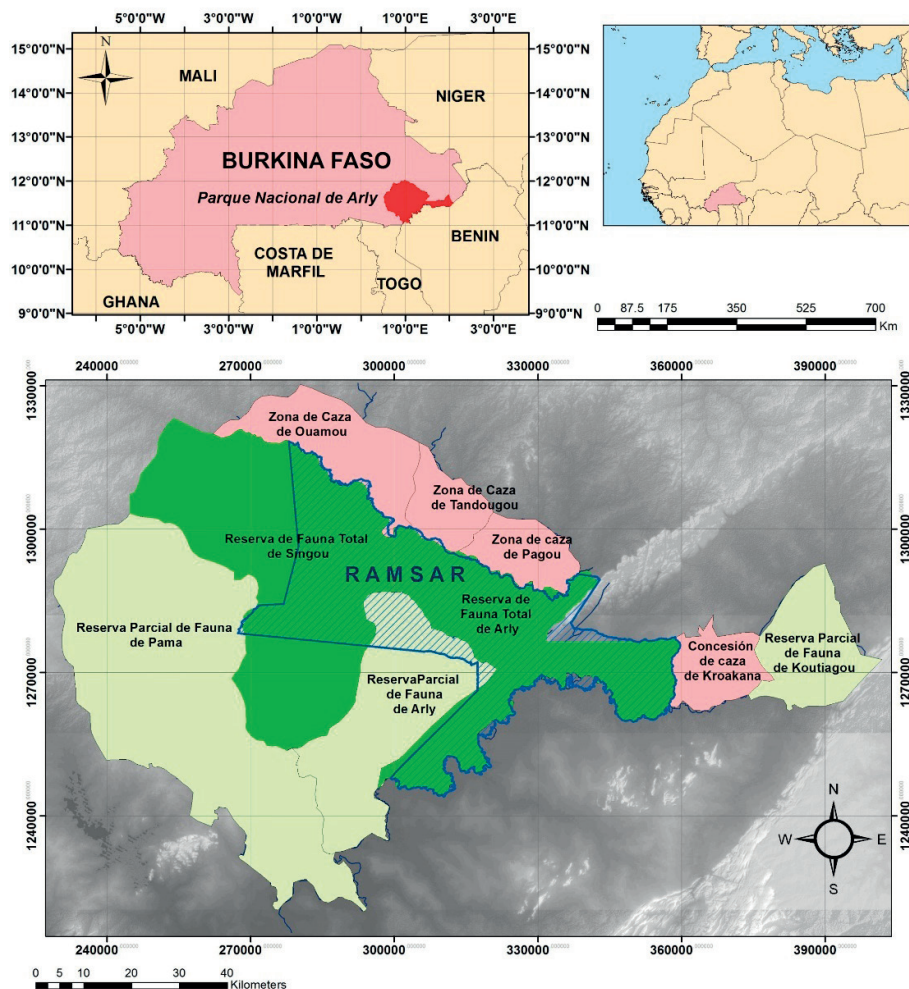
1.1. EL PARQUE NACIONAL DE ARLY

El Parque Nacional de Arly se encuentra ubicado al sureste de Burkina Faso, entre el Sur del Sahel y Norte Sudanés, y hace frontera con Benín (figura 1). Se trata de un espacio protegido como Reserva Total de Fauna en el período colonial francés (Decreto No. 8885 del 23 de diciembre de 1954), que fue declarado como Parque Nacional en el año 2015. Con una superficie de 7.053,47 km², forma parte del complejo ecológico regional W-Arly-Pendjari (15.278 km²) entre Benín, Burkina Faso y Níger. Es una importante reserva de fauna de mamíferos (herbívoros y felinos) (Lamarque, 2004) y de avifauna. Se ubica en el dominio climático africano sudanés en el tránsito entre el Sahel y los bosques monzónicos de la costa del Golfo de Guinea. Está constituido por bosques secos y sabanas herbáceas, arboladas y boscosas, formaciones vegetales sometidas de forma alterna a los ritmos de inundación estacional a causa de las lluvias monzónicas del sur en verano, y al harmatán en invierno, viento seco sahariano del norte.

En julio de 2017 el Parque Nacional Arly fue aceptado dentro de la lista de Patrimonio de la Humanidad, junto al parque de Pendjari de Benin. Este espacio protegido es una extensión del Parque W de Níger inscrito que es Patrimonio Mundial desde 1996. El Comité de UNESCO en un comunicado a la prensa lo considera como excepcional: *“El Complejo W-Arly-Pendjari es el mayor ecosistema terrestre, semiacuático y acuático de las sabanas de África Occidental. Es el hogar de la mayor población de elefantes y la mayoría de los grandes mamíferos que son típicos de la región, como el manatí africano, el guepardo, león o leopardo”*. La Reserva de Arly es sitio Ramsar (1.342 Km²) desde 2009 por la importancia de sus humedales. Está dividida en dos Zonas: Reserva de Fauna Total (Arly y Singou) con 3.297,21 Km² y Reserva Parcial de Fauna (Pama y Arly) con 3.756,26 Km², que hacen un total del área protegida de 7053, 47 Km² (figura 1). Anexas al parque se encuentran 4 Zonas

de Caza/Zonas Aldeas de Interés de Caza (ZOVIC), cuya forma de gestión garantiza la tranquilidad y protección de todo el complejo. Éstas ocupan una superficie de 1.259,7 Km², y constituyen la zona de amortiguamiento del Parque Nacional. Las ZOVIC son: Kroakana, Pagou, Tandougou, y Ouamou (Figura 1). Las principales tensiones que soporta el Parque Nacional son la transhumancia, el avance del frente agrícola y la explotación ilegal de bosques, vida silvestre y pesca.

Figura 1. Mapa de localización del Parque Nacional de Arly y Zonificación del Parque Nacional de Arly y Área Ramsar sobreimpuesta (trama azul de líneas oblicuas)



Elaboración propia a partir de Protected Planet (Ramsar Secretariat) y Office National des Aires Protégées. Ministère de l'Environnement, de l'Economie Verte et du Changement Climatique, Burkina Faso

1.2. OBJETIVO Y METODOLOGÍA

El objetivo de esta comunicación es identificar en campo y cartografiar las unidades biogeomorfológicas de sabana y bosque seco tropical de este medio natural en base a los factores mesológicos que la definen: edafomorfológicos (bibliografía y observación de campo), hidrológicos con periodos de estación húmeda-seca en llanuras de inundación (observación de campo) y bioclimáticos, en base éstos últimos al balance hídrico de Thornthwaite (1955) y bioclimático de Montero de Burgos y González Rebollar (1974). Para ello se han aplicado técnicas de teledetección, utilizando imágenes Landsat 7 (Chuvieco, 2008) para determinar las unidades biogeomorfológicas. La identificación de estas unidades se realizó durante 10 días en campo con 4 recorridos, tomando 45 parcelas de entrenamiento para la clasificación supervisada de la imagen de satélite. Estas parcelas se posicionaron con GPS Garming. Se seleccionaron áreas con una superficie no inferior a 1 Hm² para su identificación homogénea en la imagen de satélite Landsat 7 que tiene un tamaño de pixel de 30x30 m. En la elección de las parcelas se identificó el tipo de estructura vegetal (sabana herbácea, arbustiva, arbolada o boscosa o bosque seco) y su posición geomorfológica (mesetas con costras de hierro, vertientes, o llanuras aluviales del río Pendjari y su afluente Arly y Doubodo). Se utilizó solamente la imagen ETM+ de 22 de mayo de 2009, principio de la estación húmeda, ya que por cobertura de nubes no fue posible disponer de una imagen de la estación seca en el repertorio de años para los satélites Landsat TM y ETM+. Para la clasificación se utilizó el método *maxlike*, y luego se aplicó un filtro mediano a la imagen para corregir el efecto “sal y pimienta” (Cushnie et al. 1985). A partir de la bibliografía se identificaron las especies más abundantes que definían la formación, así como sus suelos representativos, para a partir de estos datos y la propia observación de campo aplicar los balances hídricos y bioclimáticos y establecer las unidades biogeomorfológicas.

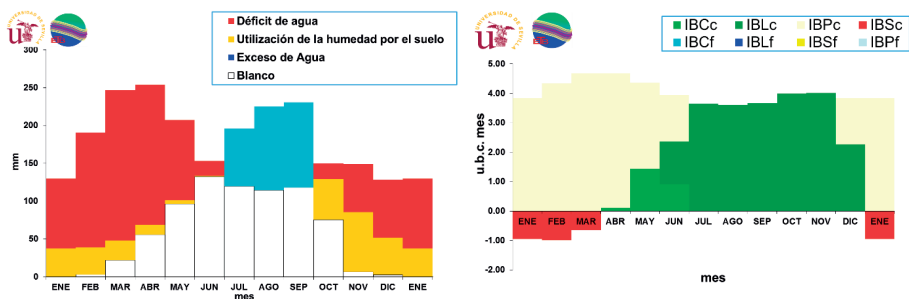
2. FACTORES MESOLOGICOS DEL PARQUE: BIOCLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y EDAFO-GEOMORFOLOGÍA

Bioclimáticamente hemos considerado los datos termopluviométricos de la estación de Tanguetá (Benin), por ser la única disponible en su proximidad al Parque Nacional de Arly. Pluviométricamente tiene un comportamiento estacional con precipitaciones (figura 2) que pueden ser nulas en enero hasta máximas entre junio y septiembre (en torno a 200 mm mensuales) que supone un total anual de 1.047 mm. El comportamiento de la temperatura es el típico de una estación tropical con temperaturas medias mensuales entre 26.7 °C y 31°C. Esto supone, debido a la alta evapotranspiración real (1047 mm), una sequía estacional entre los meses de noviembre a marzo.

El balance hídrico del suelo muestra un marcado déficit (914 mm) conservando la humedad edáfica de octubre a junio. Este déficit es más prolongado que la sequía estacional, debido a la alta evapotranspiración real. No se produce saturación del suelo durante la estación húmeda (julio a septiembre) (figura 2 izquierda). Estos balances sólo son válidos para las áreas no inundables del parque Nacional. Como

resultado de ésta situación encontramos un régimen bioclimático tropófilo (Cámara, 2004), que presenta 3 meses con paralización vegetativa hídrica entre los meses de enero a marzo (figura 2, derecha). En esta situación bioclimática se desarrollan los bosques secos tropicales y las sabanas.

Figura 2. Diagrama de balance hídrico y balance bioclimático de la estación de Tanguetá (Benin)



Elaboración propia

Este comportamiento climático de estacionalidad muy contrastada con lluvias monzónicas, tiene como consecuencia hidrológica el desbordamiento de los ríos dentro del propio Parque Nacional (río Singou y Douboda y sus afluentes), y especialmente al sur, donde el río Pendjari ocupa toda su llanura de inundación durante la estación húmeda del monzón. Cuando llega la estación seca el río vuelve a su cauce, encajándose hasta 6 m. en su lecho menor. En el retroceso de las aguas de inundación deja lagunas y humedales que reciben el nombre de *mare*. Cuando toda vegetación del Parque deviene a estar seca y se agostan los pastos de las sabanas herbáceas, especialmente de diciembre a marzo, estos *mares* son un recurso de agua dulce para la fauna, especialmente la macrofauna de mamíferos.

Desde el punto de vista geomorfológico esta dinámica de estacionalidad contrastada ha favorecido la formación de costras férricas de acumulación absoluta y acumulación relativa (Tshibubudze, 2009; Grimaud et al., 2015). Muchas de ellas quedan expuestas en superficie, al perderse la capa superior de sedimento, sobre todo en las partes altas de las colinas y mesetas, geoformas disectadas por el río Singou y Douboda y sus afluentes. Estas costras quedan exhumadas en lo alto de relieves tabulares, muchos de ellos invertidos por la erosión y larga evolución del relieve sobre el cratón africano desde el Arqueano (Pain et al., 1995; Butt et al., 2013). Estas formaciones superficiales y la dinámica de inundación estacional de las llanuras de inundación aluviales, ha favorecido el desarrollo de determinadas formaciones vegetales que han conformado el medio natural del Parque Nacional de Arly.

3. RESULTADOS

3.1. UNIDADES AMBIENTALES (UA)

Las formaciones vegetales presentes en el Parque Nacional de Arly están relacionadas con la dinámica bioclimática e hidrológica y con las morfologías de relieve. Debemos marcar en principio dos grandes unidades ambientales que agrupan a las unidades biogeomorfológicas: a) mesetas tabulares con costras férricas y sus vertientes, y relieves de areniscas, como el de Gobnangou al sur del Parque Nacional (bosques secos y sabanas boscosas, arboladas y arbustivas con condicionamiento hídrico edáfico por estacionalidad contratada) y b) cauces de los ríos, humedales y llanuras de inundación condicionados por el régimen de lluvias monzónicas, con bosques de galería en las proximidades de los cauces de los ríos, vegetación herbácea y arbustiva en los humedales (*mares*), y sabanas herbáceas en las llanuras de inundación estacionales.

Para el elenco de especies hemos utilizado, para contrastar con nuestra propia observación de campo, la información sobre el Parque Nacional de Arly de los trabajos de vegetación de E. Mbayngone (2008), A. Ouedraogo (2006) y O. Ouedraogo (2009).

En el primer conjunto de mesetas tabulares con costras férricas (a), las especies dominantes son: *Acacia gourmaensis*, *Burkea africana*, *Combretum nigricans*, *C. glutinosum*, *C. niorense*, *Detarium microcarpum*, *Lannea acida*, *Terminalia avicennoides*, y *Vitellaria paradoxa*. Constituyen principalmente sabanas arboladas y boscosas, y sabanas arbustivas abiertas, con condicionamiento edáfico por la presencia superficial de costras férricas. En aquellos lugares donde las costras están más profundas, y hay desarrollo de perfil edáfico, dominan las sabanas boscosas frente a las demás. En estos medios se desenvuelven león (*Panthera leo*), leopardo (*Panthera pardus*), civeta (*Civettictis civetta*), búfalos (*Syncerus caffer*), hienas (*Crocuta crocuta*), elefantes (*Loxodonta africana*) y ungulados como el hipotrago (*Hippotragus equinus koba*), búfalo (*Alcelaphus buselaphus*), cefalofo de Grimm (*Sylvicapra grimmii*), y entre los primates destaca el babuino (*Papio anubis*), tal como hemos podido comprobar en nuestros recorridos.

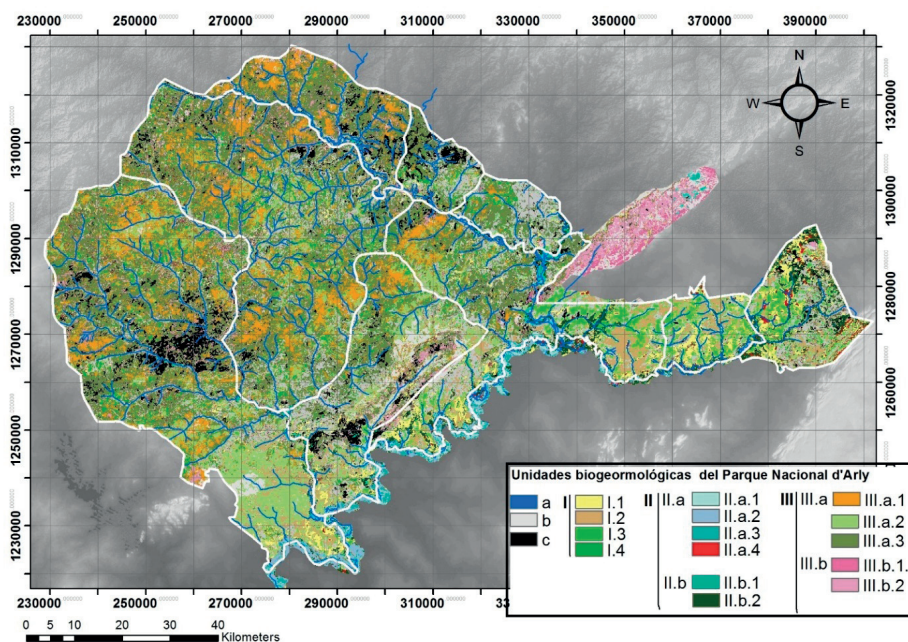
El segundo conjunto (b) está constituido por sabanas herbáceas y boscosas sobre sedimentos de desbordamiento de los ríos: los bosques sobre las zonas elevadas y con menos duración de la inundación y las sabanas herbáceas sobre aquellas áreas con un periodo de encharcamiento más prolongado. Las especies de las riberas son: *Anogeissus leiocarpa*, *Combretum nigricans* y *Mitragyna inermis*, mientras que las sabanas boscosas están dominadas por *Acacia gerrardii* y *Mytragyna inermis*. En cuanto a las sabanas arboladas y arbustivas de *Acacia siberiana* y *Vetiveria nigrítana*, contrastan con las sabanas herbáceas donde *Achyranthes argéntea*, *Desmodium velutinum*, *Setaria barbata*, y *Wissadula amplissima* son dominantes. En este entorno, la fauna de mamíferos está constituida por león (*Panthera leo*), guepardo (*Acinonyx jubatus*), elefante (*Loxodonta africana*), cobe de Buffon (*Kobus kob*), cobe defassa (*Kobus ellipsiprymnus defassa*) y facoceros (*Phacocoerus africanus*), y algunos primates como mono rojo (*Erythrocebus patas patas*) y mono verde (*Chlorocebus tantalus*). Por su parte, en los bosques de galería o ribera dominan *Vitex chrysocarpa* y *Syzigium*

guineense con *Tacazzea apiculata* y *Paullinia pinnata* y en los humedales (*mares*) se encuentran hipopótamos (*Hippopotamus amphibius*), lamantin (*Trichechus senegalensis*) y cocodrilos (*Crocodylus cataphractus*). Estas unidades han sido identificadas en campo con parcelas de entrenamiento, para su posterior clasificación de la imagen Landsat (Figura 3). En total, se identificaron 15 unidades biogeomorfológicas, teniendo en cuenta la composición de las las formaciones vegetales observadas, las morfologías observadas y descritas para el territorio y la dinámica hidrológica.

3.2. UNIDADES BIOGEOMORFOLÓGICAS (UBG)

Las dos grandes unidades ambientales engloban 15 unidades biogeomorfológicas: el área continental en la que dominan las colinas y mesetas con costras férricas; y las llanuras aluviales y humedales (*mares*), que quedan expresadas en la figura 3, y cuya superficie queda cuantificada en la tabla 1. La unidad ambiental de mayor extensión es la sabana sobre mesetas y vertientes y relieves rocosos, frente al aluvial que es la mitad de ésta. El resto del territorio responde a cultivos, 1500 Km², y superficie quemada, 400 km².

Figura 3. Cartografía de unidades biogeomorfológicas del Parque Nacional de Arly y zona de amortiguamiento: a. agua, b. suelo sin vegetación, c. quema. (resto de la leyenda ver tabla 1).



Elaboración propia.

La superficie quemada no es generalmente natural, sino que esta inducida por la propia gestión del Parque Nacional. A partir del mes de octubre, cuando aún no

está muy seca la sabana, y generalmente de madrugada o al atardecer, se queman parcelas delimitadas por pistas y carreteras que atraviesan el Parque. Se intenta que sea un fuego rápido para no calcinar el suelo, por lo que se eligen días con viento. Se inician en el Norte del área protegida y se finalizan sobre marzo al sur, en las sabanas herbáceas aluviales del Pendjari. El objeto de estas quemas es favorecer el alimento a la fauna, pues si no se hace este proceso anualmente, no surge hierba nueva y fresca, y esto afecta a la alimentación de los herbívoros. Por tanto, la gestión del Parque gira más en torno a la conservación de la fauna que de la vegetación en sí. Con respecto a la fauna se hacen censos: cada 2 ó 3 años en transectos lineales diurnos para los ungulados y estimaciones a partir de pistas de excrementos o huellas para los felinos. Cada 5 años se hacen censos aéreos de los grandes mamíferos (elefante, hipotraga, búfalo). Se realiza también una gestión de agua en los *mares* para evitar que estos se queden sin agua durante la estación seca, mediante extracción de agua del subsuelo. Los principales problemas de gestión del Parque son la caza furtiva de elefante, para la extracción de marfil, y la ocupación con cultivos.

Tabla 1. Superficie de las Unidades ambientales y biogeomorfológicas.

Unidad ambiental (UA)	Unidad biogeomorfológica (UBG)				Superficie UBG (km ²)	Superficie UA (Km ²)
Llanura aluvial y riberas	I. Sobre llanuras aluviales		I.1	Sabana herbácea	383.5	2363
			I.2	Sabana arbustiva	339.2	
			I.3	Sabana arbolada	235.6	
			I.4	Sabana boscosa	703.0	
	II. Sobre cauce aluvial	II.a Rio Pendjari	II.a.1	Humedales de crecida	60.0	
			II.a.2	Humedales permanentes	14.5	
			II.a.3	Bosque galería Pendjari	546.0	
			II.a.4	Palmeral helófilo	44.0	
	II.b.Otros cauces		II.b.1	Vegetación helófila (<i>mares</i>)	5.2	
			II.b.2	Bosque galería cauces	32.0	
Mesetas y Vertientes no inundables	III.Superficies no inundables	III.a.Sobre mesetas y vertientes	III.a.1	Sabana arbolada sobre coraza	874.2	4516.8
			III.a.2	sabana arbolada en vertiente	2444.19	
			III.a.3	Sabana arbustiva en vertiente	730.5	
		III.b.Sobre colinas de areniscas	III.b.1	Sabana arbolada sobre roca	61.2	
			III.b.2	Sabana arbustiva sobre roca	406.7	

Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

La utilización de técnicas de análisis con sensores remotos y su combinación con el trabajo de campo, han permitido identificar 15 unidades biogeomorfológicas en el Parque Nacional de Arly, agrupadas en dos grandes unidades ambientales. Estas unidades se elaboraron en base a los rasgos bioclimáticos, funcionamiento hidrológico de los ríos y formaciones superficiales, poniendo de manifiesto como la estacionalidad contrastada observada y las lluvias monzónicas constituyen las variables ambientales que más influyen en la configuración de ambos conjuntos descritos, siendo de especial relevancia en la generación de las costras férricas en las mesetas, como de las llanuras de inundación estacionales, condicionando por tanto el desarrollo de la vegetación y la fauna asociada a ella. Este trabajo aporta una información básica a un territorio con carencia en la caracterización de los ambientes que lo componen, por lo que constituye una importante aportación de

cara a la gestión y planificación del Parque Nacional de Arly, a partir del cual plantear trabajos de zonificación que contribuyan a una mejor conservación de este espacio natural.

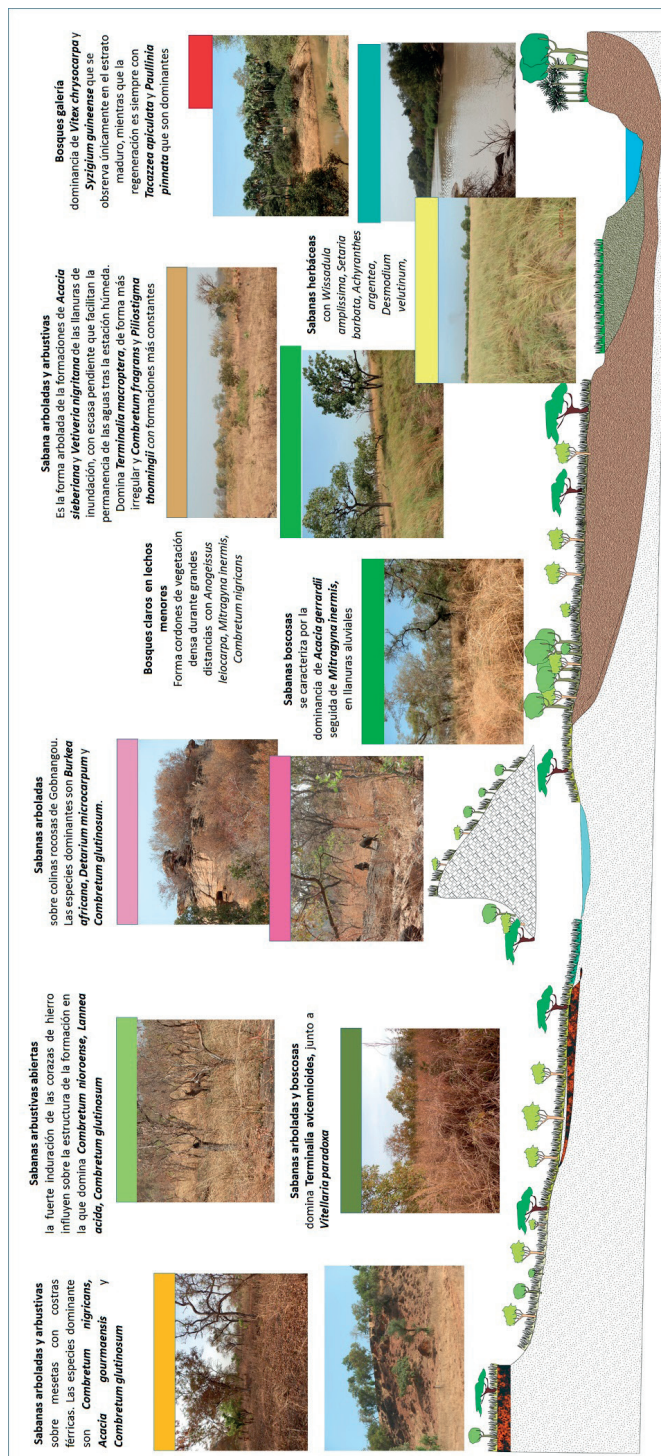
AGRADECIMIENTOS

Proyecto *Integración y desarrollo de la medicina tradicional de la Región del Este en el sistema de salud de Burkina Faso. Consolidación de la Unidad de Salud del ACTP en Fada N'Gourma*. Financiado por la Oficina de Cooperación de la Universidad de Sevilla, en la convocatoria 2014-15.

5. BIBLIOGRAFIA

- BUTT C.R.M. & BRISTOW, A.P.J., 2013: "Relief inversion in the geomorphological evolution of sub-Saharan West Africa". *Geomorphology* 185: 16–26
- CAMARA, R., 2004: "Escalonamiento Ecodinámico, Regímenes Ecodinámicos y Formaciones Vegetales de la Isla de la Española en República Dominicana", en *Biogeografía 2004: Libro Homenaje a José Manuel Rubio Recio y Jesús García Fernández*. Terrassa, España (J. M. Panareda ed.). Aster.39-55.
- CHUVIECO, E. 2008: *Fundamentos de teledetección espacial*. Rialp. 576 p.
- CUSHNIE, J.L. & ATKINSON, P. 1985: "The effect of spatial filtering on scene noise and boundary detail in Thematic Mapper imagery". *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, 51: 1483-1489.
- GRIMAUD J. L., CHARDON D., METELKA, V., BEAUVAIS, A. & BAMBA, O., 2015: "Neogene cratonic erosion fluxes and landform evolution processes from regional regolith mapping (Burkina Faso, West Africa)". *Geomorphology*, 241: 315–330.
- LAMARQUE, F. 2004: *Les grands mammifères du complexe WAP*. UICN, ECOPAS. E. Louisjean. Paris.
- MBAYNGONE E., 2008: *Flore et végétation de la réserve partielle de faune de Pama, sud-est du Burkina Fasso*. Tesis doctoral. Universidad de Ougadougou. Burkina Fasso.
- MONTERO DE BURGOS, J.L. & GONZÁLEZ, J.L., 1974: *Diagramas bioclimáticos*. ICONA. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- OUEDRAOGO, A., 2006: *Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Fasso*. Tesis doctoral. Universidad de Ougadougou. Burkina Fasso.
- OUEDRAOGO, O. 2009: *Phytosociologie, dynamique et productivité de la végétation du Parc National d'Arly (sud-est du Burkina Fasso)*. Tesis doctoral. Universidad de Ougadougou. Burkina Fasso.
- PAIN C. F., OLLIER, C. D., 1995: "Inversion of relief: a component of landscape evolution". *Geomorphology*, 12: 151-165.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R., 1955: "The Water Balance". *Laboratory of Climatology. Publ. in Climatology*, 8: 1-104.
- TSHIBUBUDZE, A., HEIN, K.A.A. & MARQUIS, P., 2009: "The Markoye Shear Zone in NE Burkina Faso". *Journal of African Earth Sciences*, 55: 245–256.

Anexo. Unidades ambientales del Parque Nacional del Arly: mesetas y vertientes a la izquierda y llanura aluvial a la derecha. Engloban a las diferentes unidades biogeomorfológicas.



Fuente: elaboración propia y fotos del autor

LAS TURBERAS DE CANTABRIA, DE ENTORNO MARGINAL A RECURSO DIDÁCTICO

Virginia Carracedo Martín¹, Juan Carlos García Codron², Albert Pèlachs Mañosa³, Ramón Octavio Bocigas⁵, Ramon Pérez-Obiol⁶ y Joan Manuel Soriano López⁴

¹⁻²*Dpto. de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria*

³⁻⁴*Dpto. de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona*

⁵*Tragsa, Asistencia técnica en Incendios forestales, Servicio de Montes, Gobierno de Cantabria*

⁶*Dpto. de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología, Universidad Autónoma de Barcelona*

¹*virginia.carracedo@unican.es*, ²*garciaj@unican.es*, ³*albert.pelachs@uab.cat*,

⁵*ramonoctavio@hotmail.com* ⁶*Ramon.Perez@uab.cat*, ⁴*joanmanuel.soriano@uab.cat*

RESUMEN:

Cantabria cuenta con numerosas turberas repartidas por todo su territorio. Muy diversas desde los puntos de vista morfológico y biogeográfico, revisten gran interés científico y patrimonial pero resultan desconocidas por la población y muchas están gravemente amenazadas por actividades humanas. De ahí que su preservación y puesta en valor constituyan una prioridad para las administraciones responsables de la gestión del patrimonio natural. En este contexto, se están realizando diversas actuaciones de carácter didáctico y divulgativo vinculadas a los resultados de varios proyectos de I+D+i, tanto en el entorno universitario como a través de colaboraciones con el Gobierno Regional. Estas actividades son un buen ejemplo de transferencia de conocimientos y han permitido consolidar un canal de intercambio de experiencias entre los distintos agentes implicados en la materia.

Palabras clave: turbera, patrimonio, recurso didáctico, divulgación, sensibilización medioambiental

ABSTRACT (The peatlands of Cantabria, from marginal environment to didactic resource):

Cantabria has numerous peatlands spread throughout its territory. Very diverse from the morphological and biogeographic points of view, they are practically unknown by the population despite their remarkable scientific and patrimonial

interest and many of them are seriously threatened by human activities. Hence, their preservation and enhancement are a priority for the bodies responsible for natural heritage management. In this context, in collaboration with the Regional Government and thanks to the results of several research projects, a number of didactic and dissemination activities are being carried out to improve knowledge and social assessment of peatlands. These activities are a good example of transfer of knowledge and have allowed consolidating a channel of exchange of experiences between the different agents involved in the matter.

Keywords: peatbog, heritage, didactic resource, dissemination, environmental awareness

1. INTRODUCCIÓN-MOTIVACIÓN

Desde 2012 se han estado realizando diversos trabajos de prospección, extracción de testigos sedimentarios e interpretación de las evidencias paleoambientales obtenidas en diversas turberas de los valles centro-occidentales de Cantabria. Estos labores se han desarrollado a través de dos proyectos sucesivos del Plan Nacional de I+D+i: “Geohistoria ambiental del fuego en el Holoceno. Patrones culturales y gestión territorial desde el inicio de la ganadería y la agricultura en la Montaña Cantábrica y Pirineo” (CSO2012-39680-C02-02) y “Estudio biogeográfico histórico comparado (Montaña Cantábrica, Sistema Central y Pirineos): 18.000 años de cambios climáticos y antrópicos sobre especies forestales indicadoras” (CSO2015-65216-C2-1-P), cuyos principales resultados científicos se están divulgando en los foros y revistas especializadas habituales. Pero el trabajo está proporcionando también conocimientos y una experiencia de gran interés que se están utilizando con éxito tanto en la docencia como en diversas actividades de divulgación y de transferencia, con las que se pretende contribuir a una mayor valoración social de las turberas. Y si bien es cierto que los dos proyectos citados contemplaron desde su misma formulación diversas actividades de divulgación y de “retorno a la sociedad” -y que, por tanto, éstas deberían considerarse como parte de sus productos “normales”-, la experiencia que se está obteniendo supera las expectativas inicialmente previstas y, por su interés, se ha considerado útil divulgar a través del presente trabajo.

2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y SITUACIÓN DE LAS TURBERAS DE CANTABRIA

Las turberas tienen una distribución prácticamente cosmopolita si bien los entornos húmedos, las temperaturas bajas, los sustratos ácidos e impermeables y una microtopografía desfavorable a la escorrentía dan lugar a condiciones especialmente propicias para su aparición.

Varias de estas circunstancias coinciden en las áreas de montaña silíceas de Cantabria donde la pluviosidad es muy elevada y en las que abundan los grandes deslizamientos y las formas de modelado glaciar que, generando rupturas de pendiente

y concavidades topográficas, favorecen un encharcamiento semipermanente y la aparición de pequeños humedales. No obstante, existen turberas en todo tipo de emplazamientos desde el nivel del mar hasta las áreas culminantes y sobre cualquier clase de sustrato. Por esta misma razón, las turberas de Cantabria y sus depósitos asociados son muy variados y abarcan una amplia gama de situaciones desde los simples suelos hidromorfos hasta las auténticas turberas con encharcamiento permanente o diversos tipos de tremedales.

Las turberas de Cantabria pertenecen principalmente al grupo 71 de hábitats de la Red Natura 2000 (turberas ácidas). Más concretamente se trata de turberas elevadas activas (hábitat 7110, Figura 1, izq.), turberas de cobertor (7130, Figura 1, der.), tremedales-mires de transición (hábitat 7140) o depresiones en sustratos turbosos del *Rhynchosporium* (hábitat 7150). No obstante, también existen turberas minerotróficas alcalinas (hábitat 7230) y, en la costa, pequeñas superficies de áreas pantanosas calcáreas con *Cladium mariscus* y especies del *Caricion davallianae* (hábitat 7210) correspondientes al grupo 72 de turberas alcalinas (Martínez & García, 2009).

Figura 1. Turbera del Cueto de la Espina (Lueña) y explotación de turba en Cueto de la Avellanosa (Polaciones)



Durante siglos las turberas han sido consideradas como lugares insanos y peligrosos, susceptibles de proporcionar turba, un recurso de limitado valor en la economía rural, pero “inservibles” para cualquier otro “uso normal”. Habitualmente despreciadas o, en el mejor de los casos, ignoradas por la población, han corrido suertes diversas, aunque la mayoría han ido desapareciendo o han quedado muy degradadas como resultado de su desecación para ampliar áreas de pastos, de operaciones de “saneamiento”, del aprovechamiento de su agua para suministro de los núcleos o, en las últimas décadas, como consecuencia de la extracción industrial de la turba para su uso en agricultura o jardinería.

La primera iniciativa adoptada en Cantabria para la protección de una turbera fue la inclusión en 1981 de la del Cueto de la Avellanosa en el listado de Puntos de Interés Geológico del IGME. Este reconocimiento, que se justificaba en su importancia geomorfológica y como fuente de información paleoambiental (IGME, 1983; Mariscal, 1983) no detuvo una explotación minera que en los años siguientes terminaría destruyendo el depósito en su práctica totalidad (Figura 1). Pese a ello, el Cueto de la Avellanosa adquirió una cierta notoriedad en los medios científicos

y aparece frecuentemente citada en las publicaciones dedicadas a la prehistoria y geología regionales.

No obstante, ha sido preciso esperar a la creación de la Red Natura 2000, que ha obligado a realizar el inventario y cartografía de los hábitats prioritarios y de interés comunitario regionales de acuerdo con la Directiva 92/43/CEE, para que las turberas empiecen a ser valoradas por su importancia como hábitats, por su biodiversidad y, por fin, por los servicios ambientales que prestan.

Sin embargo, esta patrimonialización de las turberas es aún muy incipiente y hasta el momento se ha ido produciendo con excesiva lentitud -de hecho en Cantabria parte de los espacios de la Red Natura 2000 permanece aún sumida en una especie de limbo legal al carecer de los preceptivos planes de gestión- y muchas de las actuaciones que han estado comprometiendo la existencia misma de las turberas de la región a lo largo de la historia se han mantenido hasta la actualidad. La consecuencia es que en las zonas sometidas a mayor presión humana, como las comarcas litorales o los fondos de valle, las turberas son hoy prácticamente inexistentes -aunque permanecen depósitos de turba más o menos residuales en puntos dispersos tales como Viérnoles, Ibio, Pozo Tremeo u otros que evocan la extensión que pudieron tener en un pasado no demasiado lejano-. En cambio, en las zonas de montaña se conserva un buen número de pequeñas turberas repartidas por todo el territorio, aunque la mayor parte de las veces han perdido mucha superficie y aparecen hoy muy alteradas por efecto de la presión ganadera.

3. EL VALOR PATRIMONIAL DE LAS TURBERAS Y SU RECONOCIMIENTO

La toma en consideración del papel que desempeñan las turberas y de la importancia que tiene su conservación no se ha producido hasta época muy reciente. Hoy sin embargo se asume que constituyen elementos insustituibles de nuestro patrimonio y que proporcionan servicios ambientales muy diversos (Bernard, 2016).

Valor biológico y ecológico: las turberas son ecosistemas muy originales que albergan biocenosis únicas con un elevado número de especies exclusivas, muy escasas y frecuentemente amenazadas (Julve, 1996). La vegetación, presidida por *Sphagnum* spp, *Eriophorum angustifolium*, *Carex* spp, *Molinia caerulea*, *Erica tetralix*, *E. mackaiana* o las muy llamativas *Drosera rotundifolia* y *D. intermedia* es el componente mejor conocido de las turberas (Bartolomé et al., 2005). Pero éstas son también biotopos muy valiosos para la herpetofauna (*Discoglossus galganoi*, *Rana temporaria*, *Lacerta vivipara*, *Vipera seoanei*, etc), hábitat, a veces exclusivo, de numerosos invertebrados como *Grylloblatta grylloblatta* o *Phengaris nausithous*, *Boloria eunomia* y *Boloria selene* (Sanz & Marcos, 2004) y lugares muy frecuentados por abundantes especies de aves y de mamíferos. Además, muchas de las turberas europeas de montaña se originaron o ya existían en el pleniglaciario y han conservado numerosos elementos de aquel periodo por lo que, como ecosistemas, constituyen auténticas reliquias de afinidad boreoártica (Pôle, 2017).

Valor funcional: dadas sus características e interacciones con los demás elementos de la geosfera, las turberas proporcionan servicios ambientales de la mayor importancia. Entre otros, merece destacarse el valor funcional de las turberas

en relación con el almacenamiento de carbono, regulación del ciclo hidrológico, filtrado y depuración del agua o la influencia en los ecosistemas vecinos a través de las cadenas tróficas y ciclos de nutrientes.

Valor económico: aunque a escala humana la turba es un recurso no renovable y su explotación ha supuesto la desaparición de numerosas turberas en Cantabria, estos entornos no dejan de tener interés económico ya que son utilizables por la ganadería extensiva en momentos de sequía, se prestan a un aprovechamiento cinegético, albergan plantas de interés medicinal o comercial susceptibles de una explotación sostenible y tienen una gran potencialidad para el turismo de naturaleza.

Valor científico, arqueológico y etnológico: las condiciones que existen en las turberas (suelos, hidrología, acidez, anoxia, etc.) son muy estresantes para la mayoría de las especies lo que conlleva un alto grado de especialización de los organismos y comunidades que se encuentran en ellas y, por la misma razón, les confiere un notable interés científico. Por otra parte, las condiciones de anaerobiosis, el bajo pH y el frío permiten que la materia orgánica que se acumula año tras año en las turberas quede sedimentada durante milenios sin descomponerse lo que convierte a los depósitos de turba en la mejor de las fuentes de información de las que disponemos para reconstruir la evolución de nuestros paleoambientes mediante la palinología, la antracología y otras disciplinas afines (García Codron et al., 2016). Por fin, por su originalidad, las turberas están rodeadas de leyendas y han sido objeto de usos “diferentes de los normales” lo que les hace ser lugares de especial interés desde el punto de vista etnográfico y del patrimonio inmaterial.

Valor didáctico: las turberas son medios particulares que durante mucho tiempo se han visto con aprensión pero que hoy resultan fascinantes. La originalidad de su paisaje, la riqueza de su ecosistema, las intrigantes adaptaciones de los organismos que habitan en ellas o la información paleoambiental que proporcionan son otros tantos atractivos que incitan a acercarse a ellas y que les otorgan una gran potencialidad didáctica. De hecho, las turberas son entornos muy apropiados para el desarrollo de una labor de sensibilización o de implicación frente a los problemas de conservación ya que se perciben como elementos constituyentes del patrimonio común y que permanecen vivos pese a tener miles de años de antigüedad pero que, además, son frágiles y se ven amenazadas por un buen número de actividades humanas.

El valor de las turberas está hoy suficientemente asumido en los medios científicos y técnicos, su preservación se ha convertido en una prioridad para los organismos responsables de la gestión del patrimonio natural y, en la actualidad, se tienen en cuenta en los instrumentos de protección de la naturaleza de toda Europa. Sin embargo, siguen siendo prácticamente desconocidas por el gran público lo que lastra la aceptación social de las actuaciones de conservación y sugiere la necesidad de desarrollar campañas de divulgación y de diseñar medidas para su puesta en valor similares a las que, por las mismas razones, se han adoptado en otros lugares del mundo.

4. UTILIZACIÓN DE LAS TURBERAS COMO RECURSO DIDÁCTICO

Los resultados obtenidos en proyectos de investigación realizados en varias turberas de Cantabria por investigadores del Grup de Recerca en Àrees de Muntanya

i Paisatge (GRAMP) de la Universitat Autònoma de Barcelona y del Grupo de Investigación del Medio Natural (GIMENA) de la Universidad de Cantabria animaron a proponer una serie de iniciativas de carácter didáctico y divulgativo en colaboración con la Universidad y el Gobierno Regional de Cantabria. A través de ellas se pretende contribuir a un mejor conocimiento y valoración social de las turberas tanto en el ámbito académico, mediante propuestas docentes regladas, como en el conjunto de la sociedad, a través de actuaciones “abiertas” destinadas a un público amplio. De forma complementaria, se están utilizando con gran éxito algunos de los productos generados para divulgar la labor de los geógrafos en las campañas de difusión de la titulación que se realizan en los institutos y colegios de la región.

Las actividades realizadas hasta el momento han sido las siguientes:

4.1. DOCENCIA REGLADA

Por la originalidad de sus ecosistemas, por la vistosidad de sus especies, por su fragilidad y por el carácter transversal que debe adoptar el análisis de su problemática, las turberas son lugares muy propicios para despertar el interés por la naturaleza en alumnos de todas las edades y para abordar el estudio del medio natural desde una perspectiva holística o, al menos, “interárea”. Estas circunstancias se están aprovechando en bastantes lugares de Europa por lo que existe información sobre un buen número de experiencias previas y materiales didácticos dedicados a las turberas o a su manejo y problemática (véanse, por ejemplo, IPCC, 2004; Townsend & Reed, 2013; Vautier, 2015). En la mayor parte de los casos estas propuestas están diseñadas para ser realizadas a lo largo de no más de una jornada y están planteadas como actividades extracurriculares.

En Cantabria se ha optado por incorporar módulos teórico-prácticos basados en la problemática de las turberas y en la obtención y explotación de la información paleoambiental contenida en ellas en las asignaturas de *Biogeografía* (Grado de Geografía y Ordenación del Territorio) y en *Claves para la Valoración e Interpretación del Medio Biótico* (Programa Senior) de la Universidad de Cantabria. Esta decisión se ha visto facilitada por los programas de ambas asignaturas, que incluyen “La reconstrucción de los paleoambientes” en sus apartados prácticos, pero también por sus objetivos y por las competencias y resultados del aprendizaje que se persiguen que, entre otros, contienen enunciados como “*conocer, saber obtener y utilizar las fuentes de información, técnicas y herramientas de trabajo habituales en Biogeografía*” o “*abordar el papel que desempeña el geógrafo en las labores de investigación, ordenación y puesta en valor del patrimonio natural*”.

La actividad propuesta se reparte en dos sesiones. La primera, que tiene lugar en el aula, se inicia con la proyección de un vídeo que muestra el proceso de obtención de testigos sedimentarios en turberas de Cantabria -ver apartado siguiente-. Seguidamente se suministra el diagrama polínico correspondiente a la turbera del Cueto de la Avellanosa (Mariscal, 1983) y se interpreta entre todos los asistentes a partir de los conocimientos generales proporcionados en las sesiones teóricas de la asignatura. Por último, se distribuye el gráfico de distribución de los carbones sedimentarios de la misma turbera (Pèlachs et al., 2016) y se pide a los

participantes que lo interpreten y lo confronten con el palinograma anterior para tratar de establecer relaciones entre los cambios de la cubierta vegetal y las fases de la historia más afectadas por los incendios.

La segunda parte de la actividad es una práctica de campo y se realiza en la turbera de La Molina, fácilmente accesible y cuyo estudio ha proporcionado una información paleoambiental y de incendios muy valiosa (Pérez-Obiol, 2016). Durante la primera parte de la salida se explica el funcionamiento de la turbera y se realizan prácticas de identificación de algunas especies significativas. A continuación se observan algunas intervenciones que han alterado su funcionamiento o su morfología (captación de agua para suministro urbano, drenaje, introducción de especies foráneas). Por último, se confrontan los datos históricos de vegetación proporcionados por el palinograma con la vegetación actual, dando paso a un debate sobre los efectos de la acción humana en el ecosistema de las turberas y en el área que se abarca visualmente desde ella (Figura 2).

Figura 2. Clase práctica del “programa senior” y colocación de panel en la turbera de La Molina (Puente Viesgo)



4.2. CREACIÓN DE UN VÍDEO DIDÁCTICO

Todas las etapas del trabajo realizado en las turberas y con los testigos sedimentarios obtenidos en ellas en el marco de los proyectos de I+D+i citados en la introducción han sido documentadas fotográficamente y en video, desde la fase de prospección inicial hasta las del laboratorio y difusión de los resultados. Con este material se ha editado un video de un cuarto de hora de duración que permite reconstruir todo el proceso y mostrar detalles del mismo que resultan irrepetibles una vez concluido el trabajo de campo o de laboratorio. Destinado a un público joven, el vídeo es rápido, adopta un estilo informal e incluye algunas anécdotas y pequeños incidentes que, siendo habituales en cualquier trabajo de campo, “enganchan” a los estudiantes al ser protagonizados por sus propios profesores o por otras personas conocidas por ellos en escenarios de la región que les resultan familiares. Esto se ha hecho así conscientemente ya que uno de los objetivos del video es “humanizar” y poner rostros conocidos al trabajo del investigador mostrando en primera persona el rol que pueden asumir los geógrafos en este tipo de proyectos interdisciplinares y haciendo ver a los estudiantes que cualquiera de ellos podría integrarse en sus

equipos de trabajo. Por esta misma razón, para que los espectadores interioricen que la investigación tiene una “utilidad” directa en su entorno inmediato, se insiste en que el objetivo principal del proyecto es conocer mejor los efectos a medio y largo plazo de los incendios, habitualmente considerados como uno de los mayores problemas ambientales de la región y una cuestión muy mediática de la que todo el mundo ha oído hablar en múltiples ocasiones, con el fin de diseñar del mejor modo posible las políticas de prevención y lucha contra el fuego.

El video se utiliza en el aula en el grado de Geografía y Ordenación del Territorio y en el programa Senior de la Universidad de Cantabria y, comentado por un profesor, es el elemento central de las presentaciones que se realizan en los I.E.S. y centros de bachillerato de la región en las campañas de difusión de los estudios de Geografía y de “la labor del geógrafo” (versión en baja resolución disponible en www.facebook.com/248374722029980/videos/vb.248374722029980/607628189437963/?type=2&theater).

4.3. DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

A lo largo de los tres últimos años se han organizado en la Universidad de Cantabria un total de cinco cursos de verano sobre temas relacionados con los incendios forestales, el paisaje y su evolución o la gestión del patrimonio natural de la región. A través de ellos se ha podido divulgar los resultados obtenidos en los proyectos de investigación realizados en las turberas, debatir su significado y contribuir a su valoración por parte de un público compuesto mayoritariamente por profesionales de la conservación y de la gestión de los montes y de la naturaleza.

Estos cursos no han exigido la elaboración de un material específico pero las presentaciones y una selección del material y de la bibliografía recomendada en ellos (incluyendo, en uno u otro formato, los principales resultados de la investigación realizada en las turberas) se han distribuido entre los asistentes, garantizando su difusión en círculos especializados y particularmente “sensibles”.

4.4. CREACIÓN DE UNA SENDA PARA LA OBSERVACIÓN E INTERPRETACIÓN DE TURBERAS

En 2016 el Centro de Investigación del Medio Ambiente (CIMA) dependiente de la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria inició un conjunto de acciones para dar a conocer el valor de las turberas de la región. Una primera actuación consistió en la creación de un itinerario didáctico a lo largo de camino que transcurre por el entorno de varias turberas entre Quintana de Toranzo (Corvera de Toranzo) y La Molina (Puente Viesgo), en el Valle del Pas. La senda permite observar media docena de turberas o áreas turbosas y ha sido dotada de unos paneles temáticos: “el agua y las turberas”, “las turberas y su flora”, “las turberas, un ecosistema singular”, etc. Los investigadores de GIMENA fueron invitados a participar en esta iniciativa, a la que se sumaron diseñando un panel titulado “La turbera de La Molina: una valiosa fuente de información paleoambiental”. La senda se dio a conocer a través de una jornada de voluntariado ambiental organizada dentro del programa PROVOCA que se aprovechó para dejar instalados todos los

paneles y ofrecer “in situ” una serie de charlas informativas dedicadas a las turberas, a su importancia ecológica y su interés como fuente de información paleoambiental (Figura 2).

Dada la aceptación y buena valoración de esta iniciativa, se ha previsto ampliarla en áreas próximas en las que existen restos arqueológicos que van desde el Neolítico hasta el periodo cántabro-romano, así como en lugares donde el fuerte arraigo que tiene el uso del fuego para el mantenimiento de los pastos ha llevado a realizar quemas prescritas. Ello permitirá incidir en la utilidad de la información que proporcionan las turberas para conocer el entorno de los sucesivos grupos humanos que se han ido sucediendo en la región pero, también, en el impacto ambiental de sus actividades haciendo ver, a través del pasado, la necesidad de un uso responsable del fuego para la gestión del medio.

4.5. PUBLICACIÓN DE UN “ITINERARIO GEOGRÁFICO” DEDICADO A LAS TURBERAS

La última de las acciones previstas hasta el momento es la preparación de una guía para la visita e interpretación de una zona de turberas. Destinada a los docentes de enseñanza primaria y media, la publicación tendrá un marcado carácter didáctico y formará parte de la serie “Itinerarios Geográficos”, publicación “on line” que el Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio se propone iniciar en el presente año y que podrá ser descargada gratuitamente por todos los interesados. Una vez disponible, se brindará la oportunidad de realizar visitas guiadas basadas en los contenidos de la guía a los profesores de Ciencias Sociales de la región y, en el marco de las Salidas Didácticas Ambientales que van a comenzar a ofrecerse desde la Oficina Ecocampus, a toda la comunidad universitaria.

5. REFLEXIÓN FINAL

Una labor de carácter didáctico como la que se ha presentado no produce efectos más que a medio y largo plazo por lo que todavía es demasiado pronto para poder realizar un balance de los resultados obtenidos en relación con el conocimiento o la valoración social de los entornos de turbera. No obstante, las impresiones y retornos recibidos desde los colectivos más cercanos y con los que existe mayor relación han sido muy favorables y animan a prolongar el esfuerzo y mantener las iniciativas ya en marcha.

Pero, desde otra perspectiva, el conjunto de las acciones descritas, que se ha desarrollado en parte dentro del programa PROVOCA de voluntariado ambiental de Cantabria y en colaboración con el Servicio de Montes o gracias a la colaboración de un buen número de centros educativos de distintos niveles, se apoya en la información obtenida en varios proyectos de I+D+i y constituye un buen ejemplo de transferencia de conocimientos a la sociedad. Sus resultados se consideran positivos ya que no solo están contribuyendo a dar visibilidad a las turberas y, a través de ellas, a una parte muy desconocida del patrimonio natural de la región, sino que han servido para consolidar un fructífero canal de intercambio de información y experiencias entre distintos agentes involucrados en la materia (Universidad, Administración Regional, personal del Servicio de Montes, etc).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo da cuenta de una serie de acciones que no habrían sido posibles sin la financiación o colaboración de distintos organismos e instituciones. Los autores manifiestan su agradecimiento al Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia (proyectos CSO2012-39680-C02: *Geografía histórica de los incendios y su causalidad en la Montaña Cantábrica y Pirineo. Estudio comparado a partir de fuentes paleoambientales y documentales* y CSO2015-65216-C2-1: *Estudio biogeográfico histórico comparado (Montaña Cantábrica, Sistema Central y Pirineos): 18000 años de cambios climáticos y antrópicos sobre especies forestales indicadoras*), Universidad de Cantabria, Servicio de Montes, Centro de Investigación del Medio Ambiente (CIMA) del Gobierno de Cantabria y plan PROVOCA de voluntariado ambiental de Cantabria. A Jorge Garzón por la información sobre lepidópteros.

6. REFERENCIAS

- BARTOLOMÉ, C., ÁLVAREZ JIMÉNEZ, J., VAQUER, J., COSTA, M., CASERMEIRO, M.A., GIRALDO, J. & ZAMORA, J. 2005: *Los tipos de hábitat de interés comunitario de España*. Madrid, Min.de Medio Ambiente, 287 p.
- BERNARD, G. 2016: *Panorama des services écosystemiques des tourbières en France. Quels enjeux pour la préservation et la restauration de ces milieux naturels ?* Besançon, Pôle-relais Tourbières- Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, 47 p.
- GARCIA CODRON, J.C., PÈLACHS, A. & CARRACEDO, V. 2016: "Fuentes para la historia de los incendios forestales y su impacto en la vegetación: puentes y barreras metodológicas" en Gómez Zotano y otros: *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*. Universidad de Granada- Tundra, pp. 563-571
- IGME 1983: *Puntos de interés geológico en el sector oriental de la Cordillera Cantábrica*. Ministerio de Industria, Madrid, 76 p.
- IPCC- IRISH PEATLAND CONSERVATION COUNCIL 2004: *Bogs in the classroom*. <http://www.ipcc.ie/discover-and-learn/resources/>. Consulta 9 de octubre de 2017.
- JULVE, P. 1996 : "Les tourbières de France: écologie et valeur patrimoniale". *Les Cahiers Scientifiques et Techniques du réseau Tourbières de France*, 1:2-7.
- MARISCAL ALVAREZ, B. 1983: "Estudio de la turbera del Cueto de la Avellanosa, Poblaciones (Cantabria)" en *VI Reunión del Grupo Español de trabajo del Cuaternario*. Cuaderno do Laboratorio Xeologico de Laxe. Coruña, Universidade da Coruña, pp. 205-226.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A. & GARCÍA-RODEJA GAYOSO, E. 2009: "Grupo 7. Turberas, turberas bajas y áreas pantanosas", en VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid, 9 p.
- PÈLACHS, A., GARCÍA CODRON, J.C., SORIANO LÓPEZ, J.M., PÉREZ OBIOL, R. & CATALÁN, J., 2016: "Papel de los incendios en las dinámicas forestales del Norte de la Península Ibérica durante el Holoceno" en Gómez Zotano y otros: *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*. Universidad de Granada- Tundra, pp. 553-562.

PÉREZ-OBÍOL, R., GARCÍA-CODRON, J.C., PÈLACHS, A., PÉREZ-HAASE, A. & SORIANO, J.M. 2016: "Landscape dynamics and fire activity since 6740 cal yr BP in the Cantabrian región (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain)". *Quaternary Science Review*, 135 :65-78.

PÔLE-RELAIS TOURBIÈRES, 2017: *Pourquoi faut-il protéger les tourbières?* <http://www.pole-tourbieres.org/a-la-decouverte-des-tourbieres/article/pourquoi-faut-il-protoger-les>. Consulta 9 de octubre de 2017.

SANZ ROMAN, P. & MARCOS GÓMEZ, J.M. 2004: *Mariposas y ecosistemas cántabros*. Cantabria Tradicional, Torrelavega, 195.

TOWNSEND, J. & REED, M. 2013: *More than just a bog*. Association of National Park Authorities. http://www.nationalparks.gov.uk/students/teachersarea/teaching-resources/act_more-than-just-a-bog. Consulta 9 de octubre de 2017.

VAUTIER, P. (dir.) 2015 : *Ils ont fait de la pédagogie autour des tourbières de Franche-Comté. Recueil d'expériences pédagogiques*. <http://mne-rene30.org/ressources-pedagogiques/nouveautes/ils-ont-fait-de-la-pedagogie-autour-des-tourbieres-de-franche>. Consulta 9 de octubre de 2017.

PRÁCTICA EDUCATIVA EN EL COMPLEJO LAGUNAR DE ALCÁZAR DE SAN JUAN (CIUDAD REAL, ESPAÑA): OBSERVACIÓN, EXPERIMENTACIÓN Y MANIPULACIÓN PARA LA FORMACIÓN INICIAL DE PEQUEÑOS CIENTÍFICOS

M^a Isabel Castellanos Botija¹, Pablo Pichaco García² y Elena M^a Muñoz Espinosa³

^{1,3}*Facultad de Educación de Ciudad Real, UCLM*

²*Aguas de Alcázar, EMSA*

¹*isabel.cas.mic@gmail.com*, ²*ppichaco@gmail.com*, ³*ElenaMaria.Munoz@uclm.es*

RESUMEN:

Los autores parten de la premisa de que el conocimiento del medio natural, social y cultural es necesario trabajarlo desde las primeras etapas educativas para que las futuras generaciones aprendan a analizar y observar su entorno como paso previo y necesario a su valoración y conservación.

Así, y ligado a un programa de educación ambiental que se desarrolla en el municipio ciudadrealeño de Alcázar de San Juan (Ciudad Real, España), se presenta aquí un proyecto cuya finalidad es que los niños y niñas etapas de Educación Infantil y Primaria conozcan su medio natural próximo, comprendiendo de este los principales elementos, procesos y sistemas que componen el Complejo Lagunar de la localidad desde la experimentación y contacto directo con el medio.

Palabras clave: Educación Infantil, Educación Primaria, proyectos educativos, Mancha Húmeda, educación ambiental.

ABSTRACT (Educational practice in the shallow lake complex of Alcázar de San Juan (Ciudad Real, Spain): observation, experimentation and handling for the initial training of small scientists):

The authors part from the premise that the natural, social and cultural environmental knowledge is necessary from the early stages of education, so that future generations can learn to analyze and observe our environment as a previous and necessary step for them to value and preserve it.

We linked this project to an environmental education program that is been developed in Alcázar de San Juan (Ciudad Real, Spain). This report presents the project which purpose was that children at the levels of Pre-Primary and Primary Education were aware of their own environment by identifying the main elements, processes and systems that are part of the lagoon complex of Alcázar de San Juan. In all the cases, we started from the experimentation in the nature.

Keywords: Childhood Education, Primary Education, educational projects, Mancha Húmeda, environmental education.

1. INTRODUCCIÓN

El Complejo Lagunar de Alcázar de San Juan está incluido dentro de la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda y cuenta con diferentes figuras de protección natural y cultural a nivel regional, nacional e internacional: Refugio de Fauna, Zona de Especial Protección de Aves (ZEPA), Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda (UNESCO) o Humedales de importancia internacional (RAMSAR).

Se trata de un lugar idóneo para un aprendizaje y conocimiento del medio en el que las diferentes culturas han ido relacionándose de una manera propia con el territorio hasta nuestros días. Así, el paisaje que encontramos hoy, es el resultado de todas esas relaciones entre las personas y su medio. Un medio único en el que las principales claves paisajísticas aparecen a veces desdibujadas y es necesario aprender a miraras para descubrir todos los valores que contiene. Esa enseñanza de la mirada y de la observación con los diferentes sentidos, encuentra, además, su reflejo en todas las etapas educativas. Tanto en la Educación Infantil, como en la Educación Primaria, Secundaria o el Bachillerato existe uno o varios núcleos de contenidos curriculares que pueden enseñarse y disfrutarse para su puesta en valor.

De manera más concreta, las actividades presentadas aquí comenzaron a desarrollarse en 2013 (Anaya, 2016) a partir de los contenidos propuestos por el área responsable de Programas Ambientales de la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Alcázar de San Juan (Morales, 2001; Ayuntamiento de Alcázar de San Juan, 2016) y desde 2017 formando parte del programa de sensibilización ambiental de Aguas de Alcázar, EMSA. Dichas actividades se proponen con una clara vocación de ofrecer al alumnado otra perspectiva de la educación ambiental en La Mancha Húmeda, más allá de conocer el funcionamiento de los humedales e identificar a parte de la avifauna existente en ellos: generar en los alumnos interés por unas lagunas utilizadas como vertederos y muladares durante décadas en el municipio, fomentar el uso del método científico en las actividades consistentes en experiencias prácticas y poner en valor unos espacios naturales que formen parte de la vida diaria y que sea a través de la naturaleza la manera de acercarse y comprender el mundo (Freire, 2011).

Siguiendo con ese enfoque, en este trabajo se incluyen actividades en las que se participó desde la Facultad de Educación de la UCLM, intentando en la medida de lo posible mejorar, ampliar e incluso proponer nuevas actividades o nuevos aspectos que pudiesen contribuir al mejor desarrollo de dicho Programa Ambiental. Tras

ello, se ha diseñado un proyecto para ser llevado a cabo en las aulas en un futuro próximo.

Este proyecto es fruto de los conocimientos adquiridos en la colaboración con la Concejalía de Medio Ambiente. Parte de las actividades que incluye fueron llevadas a cabo en el periodo que comprende desde marzo hasta junio de 2017. En ellas prima una metodología pre-científica, incidiendo en actividades de carácter experimental y manipulativo, principalmente, adaptado a la edad (Castellanos, 2017). Algunas de esas intervenciones concretas se centraron en la observación de organismos microscópicos (*Daphnia pulex*) y su sensibilidad cardiaca a la temperatura del agua, observación directa (p.ej. ciclo de vida de diferentes organismos), orientación espacial con cambio de escala (p.ej. utilización de planos y croquis de las lagunas), características propias de las plantas halófilas y su relación con el medio salino, entre otros. Además, se incluyeron actividades de sensibilización ambiental (p.ej. la relación de dependencia del escarabajo avispa español, *Plagionotus andreui*, con la Malva avispera, *Lavatera triloba*).

Se presentan aquí los resultados, conclusiones y líneas a seguir para continuar con la formación científica y la profundización en técnicas y métodos en investigación y educación en Biogeografía desde las primeras etapas educativas.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Las actividades que incluye el proyecto (diseño curricular de aula) tienen como finalidad proporcionar a los alumnos del municipio de Alcázar de San Juan un acervo cultural y científico con su entorno natural. Además de acercar al alumno a la interacción con su medio natural, social y cultural, se busca también la enseñanza a partir de metodología científica, es decir, inculcar a los niños y niñas la persecución de un trabajo riguroso y contrastado basado en una experimentación, elaboración de ideas e hipótesis y comprobación de las conjeturas formuladas a partir del contacto directo con el medio.

Partiendo de este propósito vamos a organizar el proceso de enseñanza aprendizaje con el diseño de un proyecto (Fernández, 2015; Pereira, 2014) que consta de actividades de motivación como punto de partida. La metodología de proyectos facilita el uso de herramientas cognitivas básicas para el trabajo con todas las competencias; en especial, con las de autonomía e iniciativa personal, así como, la de aprender a aprender (Orellana, 2010). Este aspecto será de suma importancia cuando lo que se trata es de vincular el medio en el que vivimos con la escuela, donde es necesario dotar a los alumnos de una serie de competencias fijadas por la legislación educativa y de que sean capaces de relacionar contenidos teóricos con la práctica y aprendizaje en el entorno de manera directa.

En nuestro caso, las actividades de motivación consistieron en visitas al entorno natural, el Complejo Lagunar de Alcázar de San Juan, para crear en el niño actitudes de interés y motivación por conocer qué es lo que están viendo y generar ideas y explicaciones previas propias. El siguiente paso fueron las denominadas actividades de desarrollo, con las que los niños conseguían profundizar, comprobar y contrastar determinados conocimientos poniendo en marcha procedimientos de

experimentación e investigación. Y finalmente actividades de síntesis, a través de las cuales se afianzaron los conocimientos, destrezas y actitudes que, dependiendo de los casos habrán sido ampliadas, mejoradas y vinculadas con los conocimientos iniciales, en su caso.

2.1. ACTIVIDADES DE MOTIVACIÓN

Temporalmente son las primeras en desarrollarse. Se incluyen aquí dos actividades en las que, primero, se hizo un reconocimiento general del Complejo Lagunar de Alcázar de San Juan y, después, se identificaron algunas de las principales especies de flora y fauna presentes en dicho ecosistema. No se procede de la misma manera con todos los grupos ya que, dependiendo de las edades, es necesaria adaptación curricular y de desarrollo de la actividad.

2.1.1. Experiencia 1: salida de campo

Esta actividad consiste en recorrer unos metros por las inmediaciones de las lagunas con el fin de conocer el entorno a través de nuestros pasos. Se adaptará a la edad de los niños, por su capacidad cognitiva y física. Desde recorridos cortos para la etapa de Educación Infantil por la laguna de La Veguilla por ser la más próxima y de mejor acceso, hasta rutas en bicicleta por todo el Complejo para la etapa de educación Primaria.

Los objetivos planteados son: Observar y aprender a reconocer las características de flora que compone la vegetación de estas lagunas; Observar y aprender a reconocer las principales aves que podemos encontrar en la laguna Camino de Villafranca y Las Yeguas; Manejar material de campo: prismáticos, telescopio, guías de aves, etc; Recolectar información, directamente en el área de trabajo; Despertar inquietudes y desarrollar otras nuevas.

Con el transcurrir del itinerario se identificarán los principales tipos de plantas halófilas que conforman la orla de vegetación perilagunar: almajor dulce (*Suaeda vera*), polluelo (*Salicornia europaea*) o salicor (*Sarcocornia perennis*); todas ellas con adaptaciones específicas a los humedales salinos que las hacen interesantes. Se incluyeron también especies emergentes como el carrizo (*Phragmites australis*) o la castañuela (*Bolboschoenus maritimus*) y los albardinales que aparecen en las zonas no encharcables que rodean a las lagunas, donde destacan el albardín (*Lygeum spartum*) y el limonio (*Limonium carpetanicum*). Se utilizarían posteriormente pliegos existentes en el herbario del Centro de Interpretación del Complejo Lagunar para su identificación.

Con ambos niveles se podrá tocar material de las orillas de las lagunas con el objetivo de experimentar con la textura del suelo que puede encontrarse en esta laguna: barros sapropélicos, donde es posible identificar pisadas de las aves limícolas que utilizan dichos barros para la búsqueda de alimento. En este entorno, también es posible observar -siempre que se den las condiciones fenológicas y ambientales adecuadas- artrópodos de interés presentes en el complejo lagunar.

La salida de campo también incluye una introducción a la observación de aves o *birdwatching*. En observatorios para aves, a cada alumno se le ofrece un juego de prismáticos y una guía visual de aves del Complejo Lagunar. El educador

ambiental instala además un telescopio desde donde se enfoca a distintas especies, de manera que cada alumno observa al menos cinco especies de aves. Destacan varias especies, algunas comunes en el humedal como la focha (*Fulica atra*) o el flamenco (*Phoenicopterus roseus*) y otras con poblaciones vulnerables como la Pagaza piconegra (*Gelochelidon nilotica*) o la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*).

Se puede dedicar toda la jornada escolar en realizar dicha actividad, con un tiempo de transporte estimado de 30 minutos y 20 minutos para el almuerzo. Es especialmente importante la consideración de los ritmos y pausas escolares, sobre todo en las edades de 3 a 5 años, donde los pequeños necesitan tiempo libre para poder descansar, investigar, observar y experimentar de manera libre y autónoma el medio.

2.1.2. Experiencia 2: inventariado

El inventariado se realiza a partir de fotografías o dibujos, usando como apoyo la colección entomológica o el herbario del Complejo Lagunar.

En los grupos de Educación Infantil, el inventario se realiza a modo de recuerdos e identificación en el aula del día pasado en las lagunas, por medio de fotografías realizadas durante la visita. En experiencias previas se fotografiaron especies de coleópteros como: *Pimelia castellana*, *Tentyria (subtentyrina) peiroleri*, *Akis genei* y *Plagionotus andreui*, entre otras. Y especies de flora como: el carrizo (*Phragmites australis*) y taray (*Tamarix canariensis*).

En los grupos de Educación Primaria, la experiencia del inventario se realiza con el fin de que los chicos aprendan a clasificar cada insecto, mostrando además las técnicas de etiquetado y conservación. Para ello se utilizó la colección entomológica del Complejo Lagunar. Además, se aprovechó este recurso para realizar una explicación acerca de las principales especies endémicas, función ecosistémica y características principales de las mismas. Ídem con las especies de flora. Las especies fotografiadas en experiencias previas fueron: vegetación emergente como el carrizo (*Phragmites australis*) o la castañuela (*Bolboschoenus maritimus*); las praderas de albardín (*Lygeum spartum*) y el limonio (*Limonium carpetanicum*); y plantas halófilas, almajó dulce (*Suaeda vera*), polluelo (*Salicornia europaea*) o salicor (*Sarcocornia perennis*).

2.2. ACTIVIDADES DE DESARROLLO

Con estas actividades se persigue una profundización en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el que se parte de una base propia de los discentes y sobre la que ya se han generado expectativas y vínculos en la fase anterior, de manera que se haya ido introduciendo lenguaje, procedimientos científicos y aptitudes de apertura y contacto con el medio. Se recogen a continuación algunas de ellas.

2.2.1. Experiencia 3: observación de microorganismos y su sensibilidad cardíaca

Esta actividad se lleva a cabo en el centro de interpretación del complejo lagunar, o bien, en el mismo aula o laboratorio del centro educativo. En ella los alumnos van a familiarizarse con el manejo de instrumentos de laboratorio como son lupas binoculares, placas de Petri, pipetas Pasteur, entre otras. Además de poder realizar la

observación de diversos organismos microscópicos que viven en el agua de nuestras lagunas, identificando algunos de ellos como la pulga de agua, *Daphnia pulex*. Posteriormente realizaremos un experimento siguiendo el método pre-científico, de manera que formularemos una hipótesis, e iremos registrando los resultados en una tabla y concluiremos afirmando o negando la hipótesis. La particularidad observada de la pulga de agua, consiste en que estos organismos al contacto con temperaturas frías (entre los 5-15°C) disminuyen sus movimientos, por el contrario con temperaturas altas (20-30°C) realiza rápidos movimientos pulsátiles que son observables perfectamente con la lupa binocular en el aula.

2.2.2. Experiencia 3: las plantas halófilas

Una vez conocida la vegetación propia de las lagunas, se realiza un experimento con el fin de mostrar a los niños la singularidad de la vegetación. Se parte del conocimiento individual. Los alumnos sabían previamente que la vegetación que cubre las orillas de nuestras lagunas es halófila, pues soporta grandes cantidades de sales disueltas. A partir de ahí, se experimenta con otras especies. Por ejemplo, se comprobará si una semilla de lenteja es o no una planta halófila siguiendo los pasos de la actividad previa: formulación de hipótesis, registro de datos y comprobación de resultados. Los recursos necesarios en este caso son dos jardineras: una con sustrato fértil comercial y otra con sustrato de las inmediaciones de la laguna. En cada jardinera se siembran semillas. Se irán anotando los resultados en una tabla teniendo un seguimiento pautado de su crecimiento, para concluir afirmando o negando la hipótesis formulada al inicio.

Figura 1. *Daphnia pulex* observada en el colegio Jardín de Arena con alumnos de 6° curso de Educación Primaria



Fuente: Pichaco, 2017.

2.2.3. *Experiencia 4: la evapotranspiración*

Tras conocer el aspecto blanquecino y la forma poligonal que tienen las costras salinas de la laguna de Las Yeguas, se llevó a cabo un experimento cuyo resultado fue una simulación de este fenómeno natural. La disolución NaCl y H₂O produce una sedimentación salina en forma de cristales regulares. A un recipiente transparente se le añade agua y sal marina, se mantiene en un lugar seco y pasados unos días la reacción química que encontramos de estos dos elementos es el agua evaporada y la sal precipitada en forma de bloques regulares, al igual que ocurre en nuestra laguna.

2.2.4. *Experiencia 5: ciclo de vida de un mántido*

Para el desarrollo de esta actividad se seleccionó una especie cuya reproducción en el interior peninsular sólo se conoce en Alcázar de San Juan (Sánchez et al., 2015), la mantis *Rivetina baetica* (Rambour, 1838) (Mantodea). Se explica a través de una lámina didáctica las tres fases por las que pasa este ser vivo hasta ser una mantis adulta y las características físicas observables a simple vista y otras que caracterizan a este animal. Tanto la información como el lenguaje se adaptan a la edad y los intereses de los niños. Con esta actividad se pretende que los niños conozcan el ciclo biológico, su singularidad e inofensividad, entre otras características, de este ser vivo y sean capaces de reconocerlo y protegerlo.

2.3. ACTIVIDADES DE SÍNTESIS

Para terminar, es necesario afianzar el proceso de aprendizaje: recordando, abundando y creando nuevas expectativas para el aprendizaje futuro y autónomo de los niños y niñas en relación con su medio. Algunas de las actividades propuestas y sobre las que se tiene experiencia, serían las que se recogen aquí.

2.3.1. *Experiencia 6: orientación espacial con cambio de escala*

En esta actividad se utiliza un plano a escala de las lagunas en el que los niños interactúan pegando una serie de imágenes. En estas aparecen fotografías de elementos de las lagunas, por ejemplo: centro de interpretación, observatorio, diversas especies de flora, fauna, etc. Los niños las colocan en el plano según estén dentro del vaso lagunar, fuera o en la orilla- borde de la cubeta-. Trabajando conceptos espaciales y la orientación de sí mismo en el espacio.

El concepto del espacio es un tema clave en la Educación Infantil que se trabaja desde la Geografía. A estas edades, los pequeños aún no tienen conformado el concepto de escala y dimensiones reales de los cuerpos ni de las distancias. Es por ello, que se decidió aplicar un método de aprendizaje en el que se relacionaban las especies con su medio, conocido y experimentado previamente. Para los niveles superiores (Primaria y Secundaria), se utilizaron tanto unidades como desplazamientos más amplios, adaptados igualmente a las edades y capacidades.

2.3.2. *Experiencia 7: vistiendo a los tigres*

Esta actividad se desarrolla a través de una lámina en la que aparecen dibujados en forma de retrato dos especies de cicindelas (comúnmente conocidas como

escarabajos tigre), especies endémicas de nuestros humedales, estas son *Cephalota (Taenidia) dulcinea* (López, de la Rosa & Baena, 2006) y *Cylindera (Cylindera) paludosa* (Duffour, 1820). Los alumnos darán identidad a dichas especies por medio de un recorte y pegado de sus élitros en el retrato correspondiente de la lámina. Se pretende que los niños sean capaces de reconocer dichas especies así como el medio en el que viven, entre otras. Posteriormente los niños elaborarán sus propios élitros con la técnica del estampado.

2.3.3. Experiencia 8: especies exóticas

Desde el año 2015, dentro del Programa de Educación Ambiental municipal, se lleva a cabo una actividad en la que ejemplares vivos de especies exóticas visitan diversos colegios de la localidad. Con ella los alumnos tienen un primer contacto con mántidos y fásquidos y en la misma es posible vivenciar el concepto de mimetismo batesiano, así como conocer diversos aspectos morfológicos, taxonómicos y de los ciclos biológicos de este grupo de insectos.

El éxito reproductivo de *Rivetina baetica* (Rambour, 1838) (Mantodea) en un humedal de Alcázar de San Juan (Ciudad Real) (Sánchez et al., 2015) justifica, aún más si cabe, la singularidad de estos enclaves. La manipulación *a posteriori* de los insectos, la explicación por parte del alumnado de los elementos anatómicos de interés y la explicación *in situ* de las estrategias adaptativas (mimetismo) de estos artrópodos sugieren la normalización de esta actividad en el aula.

2.3.4. Experiencia 9: Cuento “La malva del escarabajo de color avispa”

Se elaboró un cuento para conocer dos especies significativas de nuestro entorno: una especie animal, el escarabajo avispa español, *Plagionotus andreui* y una especie vegetal, la malva avispera, *Lavatera triloba*. El cuento viene a enseñar la relación de dependencia que existe entre algunos seres vivos y los desequilibrios que pueden causar las especies exóticas en un determinado entorno. Material didáctico utilizado en la experiencia en el que se incluyen especies propias del Complejo Lagunar de Alcázar de San Juan.

“Érase una vez, un escarabajo negro llamado Plagionotus. Plagionotus vivía en una preciosa malva que había en el jardín de una casita de campo en la que vivían tres niños. Los tres niños regaban la malva cada semana, y miraban a Plagionotus con asombro al verle pegado al polen de la malva...{...}”

(Fragmento de cuento: *El escarabajo Plagionotus*. Elaboración: M^a Isabel Castellanos).

Esta actividad es ideal para trabajar en Educación Infantil ya que permite profundizar en el conocimiento de dichas especies y la transmisión de valores de protección y conservación de los seres vivos que viven entre nosotros. Por otra parte, cuando se trabaja con grupos de Educación Primaria, la utilización de cuentos y relatos por parte del maestro constituye una buena herramienta para motivar y

potenciar el ánimo y gusto por la lectura y el conocimiento de textos adaptados al medio natural y cultural de Alcázar de San Juan. Además, la escucha activa constituye una oportunidad como ninguna otra para introducir un lenguaje científico y conocer y aprender a diferenciar, por ejemplo, entre nombre vulgares y nombres científicos de las especies.

3. CONCLUSIONES

Para terminar, es necesario resaltar que sin la implicación de los diferentes agentes que han hecho posible el planteamiento de un proyecto a largo plazo lo expuesto aquí no hubiera sido posible.

La relación de la escuela con el medio es vital para que el patrimonio natural y cultural de los humedales pueda ser conocido y valorado. Sólo ese aprendizaje real y directo con el medio permite una valoración de las personas que lo viven hoy y lo gestionarán en el futuro.

Con esta breve exposición de experiencias, puede comprobarse como un trabajo científico y riguroso no está reñido ni con la edad ni con los medios disponibles hoy en día.

AGRADECIMIENTOS

Para finalizar, agradecer al Ayuntamiento de Alcázar el aprendizaje permitido y la colaboración en la línea de actuación y trabajo que desde la Concejalía de Medio Ambiente lleva desarrollando durante casi dos décadas.

4. REFERENCIAS

ANAYA, A. 2016: *La naturaleza interactiva se desplaza a las aulas*. SER Castilla-La Mancha. http://cadenaser.com/emisora/2016/02/02/ser_ciudad_real/1454434313_345999.html Consulta 15 octubre de 2017.

AYUNTAMIENTO ALCÁZAR DE SAN JUAN 2016: *La concejalía de Medio Ambiente enseña a los escolares a conocer las características de diversos insectos exóticos y otros fásmidos*. http://www.alcazardesanjuan.es/portal/contenedor_not.jsp?codMenu=269&codMenuPN=62&codMenuSN=167&codResi=1&contenido=15063&language=es&layout=contenedor_not.jsp&nivel=1400&seccion=s_fnot_d4_v1.jsp&tipo=8. Consulta 4 de octubre de 2017.

CASTELLANOS, M.I. 2017: *Programa de conocimiento del entorno natural protegido como recurso didáctico para el segundo ciclo de Educación Infantil*. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Educación de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha. 86 p.

FERNÁNDEZ, L. 2015: *El Método por Proyectos como promotor del aprendizaje en Educación Infantil*. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/13598/1/TFG-O%20563.pdf>. Consulta 4 de octubre de 2017.

FREIRE, H. 2011: *Educación en verde: Ideas para acercar a niños y niñas a la naturaleza* (Vol. 21). Grao.

MORALES, J.M. 2001: “El ayuntamiento firma un convenio para la promoción lagunar”. *Lanza*, 7 de febrero de 2001, p. 23.

ORELLANA A. 2010: “El proyecto Kilpatrick: metodología para el desarrollo de competencias”. *Revista Clave XXI. Reflexiones y Experiencias en Educación*, 1:1-14.

PEREIRA M.A. (2014). *Ocho claves del aprendizaje por proyectos*. CEDEC-Centro Curricular de Desarrollo Curricular en Sistemas No Propietarios. <http://cedec.educalab.es/8-claves-del-aprendizaje-por-proyectos/>. Consulta 4 de octubre de 2017.

SÁNCHEZ A., RODRÍGUEZ, P.C., & GARCÍA, M. 2015. “Confirmación de la reproducción de *Rivetina baetica* (Rambur, 1838) (Mantodea), una especie termófila, en áreas continentales del centro de España”. *Graellsia*, 71(2):035.

CALIDAD AMBIENTAL DEL NÚCLEO URBANO DE MÁLAGA. APROXIMACIÓN A SU ESTUDIO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LA FAUNA

Hugo Castro Noblejas¹ y Jennifer Jiménez Robles²

Departamento de Geografía, Universidad de Málaga

¹bugocastro99@gmail.com, ²jennijr95@hotmail.com

RESUMEN:

Se ha analizado la calidad ambiental de la ciudad de Málaga atendiendo a la presencia y variedad de especies de fauna no doméstica en diversas áreas verdes del núcleo urbano. El estudio se ha realizado mediante la selección de parcelas en estas áreas y la posterior obtención de datos referentes a la presencia de especies faunísticas. Se han considerado otros factores como la densidad de viviendas y la cobertura vegetal. La evaluación de la calidad ambiental interna de la ciudad de Málaga se ha apoyado en las tecnologías de la información geográfica. Se ha llegado a la conclusión de que, a mayor incidencia del hombre sobre los espacios verdes, es menor la variedad de fauna y que las áreas periféricas gozan de una mejor calidad ambiental que los parques urbanos.

Palabras clave: Calidad ambiental, ecosistema urbano, áreas verdes y antropobiocenosisperidoméstica.

ABSTRACT:

The environmental quality of the city of Malaga has been analysed, taking into account the presence and variety of species of wild fauna in several green areas of the urban nucleus. This research has been carried out through the selection of determined plots in these areas and their subsequent obtaining of data referring to the presence of faunistic species. Other factors such as the housing density as well as vegetation cover have been considered. The evaluation of the internal environmental quality of the city of Malaga has been supported by geographic information technologies. It has been concluded that a higher incidence of man on the green spaces makes the variety of fauna is less and the fact that peripheral areas enjoy better environmental quality than the urban parks.

Keywords: environmental quality, urban ecosystem, green areas and antropobiocenosisperidomestic.

1. INTRODUCCIÓN

Las ciudades y los conglomerados urbano-industriales ganan continuamente importancia como hábitats para los seres humanos. La FAO (2014) presentó un estudio, apoyado en el análisis de ortofotos, en el que se concluye que la extensión de la superficie artificial ha pasado de un 0,2% en el año 2000 a un 0,6% en 2013, principalmente debido a la expansión de las áreas urbanas.

La ciudad se constituye como la unidad de mayor transformación del medio natural, sufriendo continuos procesos de rápido crecimiento espacial y demográfico, y exigiendo grandes retos a la planificación urbana por la demanda de infraestructuras (Sorensen et al., 1998), siendo cada vez más notable la necesidad de contrarrestar la complejidad de la trama urbana mediante sistemas de áreas verdes que contribuyan a la generación de entornos equilibrados y funcionales ambientalmente. Esta situación ha generado todo tipo de conflictos ambientales que exigen estudiar los desequilibrios naturales y espaciales originados por la depredación creciente de recursos y espacio. La baja naturalidad de las ciudades aparece como una evidencia muy generalizada que produce impactos profundos en el funcionamiento del ecosistema natural en que se asientan, ya que en ellas predomina, generalmente, la poca cantidad y calidad de espacios verdes.

Los espacios urbanos contemporáneos han generado una serie de zonas verdes, diseminadas, cuya fragmentación funciona como una barrera que lleva al aislamiento, así como a la débil capacidad de asimilación de la contaminación generada y la alta fragilidad ecosistémica (Sorensen et al., 1998).

Las ciudades cumplen con una función como sistema urbano, desde una perspectiva antrópica: han sido fundadas para uso y beneficio del hombre sin contar con la fauna y flora, salvo que las utilice en mayor o menor grado, como elementos ornamentales (Rubio, 1995). Sin embargo, las ciudades, vistas como sistemas complejos, necesitan de la naturaleza más allá de garantizar su persistencia al ser sistemas energéticamente incompletos (Sorensen et al., 1998).

La ciudad es aún el hábitat de muchas especies biológicas y, aun sin que los seres humanos lo perciban o lo deseen, la fauna hace de la ciudad su casa (Rubio, 1995). Esta biocenosis desempeña múltiples beneficios y servicios ambientales que contribuyen a la “salud” y equilibrio de la ciudad misma, que van desde la polinización y dispersión de semillas, hasta el aprovechamiento y degradación de los desechos urbanos. El desarrollo socioeconómico ejerce grandes presiones y procesos de fragmentación sobre los ecosistemas (AMVA, 2006), influyendo en las condiciones del espacio físico habilitado para la fauna que, o bien persiste adaptándose a los retos que la transformación de su hábitat le impone constantemente, o bien desaparece. Los animales que sobreviven en la ciudad han tenido que adaptarse a determinados cambios en sus hábitos y dependen de sus estrategias u oportunidades para conseguir su alimento en el mismo lugar (Ibídem AMVA), e incluso terminan modificando radicalmente sus hábitos.

La característica estructural que mejor define a las ciudades es la presencia de grupos de edificios separados entre sí por estructuras lineales asfaltadas, como son las calles y vías de comunicación. Los parques y jardines constituyen islas de vegetación intercaladas entre las construcciones y cinturones periurbanos, presentando frecuentemente una complejidad ecológica importante. La actividad humana ha producido modelos ecológicos afines en ciudades de diferentes áreas geográficas, hasta el punto de que existen grandes similitudes entre ellas a nivel de la composición y densidad específica de las comunidades faunísticas (Real, 2014).

Contrariamente a lo que a veces se piensa, la diversidad faunística de las ciudades suele ser mayor que la del entorno circundante y decrece desde la periferia del núcleo urbano hasta su interior. Sin embargo, en ciudades muy masificadas y con escasos espacios verdes, la diversidad faunística tiende a ser bastante más reducida que en otras donde abundan los parques y jardines, especialmente en algunos grupos como los insectívoros. Así mismo, otra de las características de la fauna urbana es el predominio que exhiben algunas especies por su cuantía poblacional, como son aquellas que viven de los desechos generados por la actividad urbana.

Tras observar el importante efecto que genera la forma de asentamiento y actividad humana en la fauna urbana, se puede señalar el escaso peso que tiene este proceso en el ámbito del planeamiento del territorio, pese a ser un asunto urgente y relevante. En el contexto moderno, las iniciativas sociales alrededor de la protección de las especies cobran protagonismo, al resaltar la necesidad de una mayor visibilidad práctica y normativa de la fauna en todas las regiones del mundo, reflejando un reclamo por la inclusión y otorgando una nueva visión de la relación hombre-naturaleza y, por consiguiente, hombre-fauna.

2. OBJETIVOS

Esta investigación pretende comprobar la calidad ambiental existente en la ciudad de Málaga a través de sus áreas verdes, considerando aspectos como su tamaño, calidad y posible aptitud para albergar la propia presencia y variedad de especies de fauna no doméstica. El medio ambiente urbano está condicionado por la calidad de la biodiversidad y la conservación del ecosistema. De su estado va a depender la mayor o menor aptitud de la ciudad como hábitat del hombre. El conjunto de sistemas naturales alterados por la actividad humana se evalúa en función de cómo repercute en la realidad de las condiciones sociales, culturales y de vida del propio hombre (Fadda et al., 2000). Se trata de un bioindicador que, además, presenta la particularidad de ser animado. Se incluyen de esta forma un interés por la sensibilidad y estética a la percepción humana.

El análisis del presente estudio se va a centrar en la comunidad animal de la antropobiocenosis peridoméstica de determinadas áreas delimitadas del núcleo urbano del municipio de Málaga: parcelas del Parque Morlaco, Parque de Gibralfaro, Monte Calvario, Parque del Oeste, Parque de Málaga y Jardines de Picasso.

3. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la consecución de los objetivos se basa en el estudio de los espacios verdes de la zona urbana de Málaga para, después, exponer la base teórica sobre la que se apoya este trabajo.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS URBANAS Y SUS ESPACIOS VERDES

De acuerdo con el planteamiento de Real (2014), la trama urbana de la ciudad y sus zonas verdes son factores que condicionan la presencia de los diversos grupos de fauna en función de su capacidad para adaptarse a dichos lugares.

Nos basamos en el ejemplo práctico de la ciudad de Medellín (Colombia) que, como la mayoría de las tramas urbanas, presenta zonas verdes dispersas, asociadas a corredores viales, que corresponden a hileras arboladas o fragmentos de césped, con alto grado de manejo de la vegetación. También, incluyen zonas arboladas de baja densidad y poca diversidad como: parques urbanos; áreas verdes urbanas de mayor naturalidad, corresponden a accidentes orográficos como los cerros tutelares que, en ausencia de urbanización, cumplen funciones como áreas naturales estratégicas. Así mismo, cobran importancia áreas enrastradas como parcelas sin urbanizar y otras áreas abiertas como cementerios, el campus universitario y otras zonas, que aportan el mosaico verde a la fauna silvestre. En cada zona, las especies encuentran mayor o menor oferta de espacios abiertos y espacios verdes, de acuerdo a la ocupación de cada una (AMVA, 2010). Málaga:

- Zona Centro: el Centro Histórico de Málaga se caracteriza por el predominio de plazas y parques con baja densidad arbórea, árboles en jardineras, baja diversidad florística y suelos completamente pavimentados. La densidad de construcciones es alta, particularmente en superficie ocupada. A pesar de no ser el espacio ideal, el centro ofrece lugares de anidación o de paso especialmente para ciertos grupos de aves; pueden encontrarse aves anidando bajo construcciones antiguas y cornisas de edificios. Aves como tórtolas y palomas se han adaptado para sortear edificios, ser alimentadas por los humanos frecuentemente y convivir con el ruido y la contaminación.
- Zonas residenciales: presentan una distribución regular de parques de barrio, antejardines y vegetación adjunta a las calles. En este mosaico predomina una mayor densidad de espacios verdes comparado con la zona central, lo cual ofrece mayores oportunidades de refugio y alimento a las especies de fauna, como las aves, en especial cuando se trata de vegetación nativa. Se dan relaciones ecológicas con las especies de fauna silvestre (AMVA, 2010), ya que muchas de ellas encuentran beneficios alrededor de los edificios; es así como las lagartijas depredan insectos; las lechuzas depredan roedores que a su vez se alimentan de los desechos domésticos y limpian los drenajes; los murciélagos se alimentan de insectos o frutas, dispersando semillas; y las aves e insectos en sus recorridos entre las flores ayudan en polinización de las flores.
- Estas zonas se corresponden con los barrios cercanos al Centro Histórico (Cruz del Humilladero, Bailén- Miraflores, Carretera de Cádiz), caracterizados por presentar calles más anchas y con mayor número de espacios abiertos, en los que es más frecuente la presencia de vegetación que en el Centro Histórico.

- Zonas verdes sobresalientes: se caracterizan por ser áreas de gran tamaño que tienen la capacidad de ofrecer servicios ambientales a la ciudad, formando pequeños ecosistemas. Estas áreas tienen características naturales para proveer refugio, alimento y hábitat a las especies de fauna y se consideran áreas importantes como hábitat de muchas especies de fauna, en especial aves (AMVA, 2010). El ejemplo más reconocible en Málaga sería el Parque de Málaga.
- Zonas periféricas: de centro a periferia, el paisaje se transforma pasando de la urbanización a la naturaleza. Las zonas periféricas se localizan en los Montes de Málaga, que rodean la ciudad. Funcionan como áreas de amortiguación entre el campo y la ciudad. En ellas la vegetación predomina pese a la presencia humana; la cantidad de árboles, arbustos, rastrojos y pastos es mayor que en las zonas más urbanizadas y, así mismo, las especies de animales silvestres aumentan en cantidad y tipos de especie. Algunas de estas especies habitan permanentemente estas zonas, mientras que otras se desplazan constantemente a áreas urbanas (AMVA, 2010). Se pueden incluir zonas como el Monte San Antón, cerro de Calderón, monte Victoria, o el monte Gibralfaro.

3.2. BASE TEÓRICA DE LA METODOLOGÍA

Para Faggi (2006), en los estudios de ecología urbana se reconocen dos enfoques principales:

- Primer enfoque: se estudian hábitats nativos inmersos dentro de la trama urbana para cuantificar y describir la biodiversidad en los fragmentos.
- Segundo enfoque: se analizan los gradientes. Los muestreos de flora y fauna se realizan a lo largo de gradientes urbanos-suburbanos-rurales, estableciéndose una correlación entre la distancia con el núcleo central urbano y el grado de perturbación. Dependiendo del grado de perturbación o intensidad de la actividad humana, las especies de fauna y flora en los ambientes urbanos varían en composición y proporciones al verse beneficiados o excluidos (Mc Donnell et al., 1997; Porter et al., 2001; citados por Faggi et al., 2006).

Siguiendo este doble enfoque, se realizó un proceso deductivo para establecer los patrones de dicha población faunística e identificar los agentes que le afectan. Teniendo en cuenta el gradiente horizontal (el centro urbano tradicional, las zonas predominantemente comerciales, los lugares preferentemente residenciales, los espacios verdes y los ríos), se ha hecho un análisis sobre el hábitat de las zonas verdes, tomando como referencia a Villarreal et al., (2004).

Para la elección de las áreas de estudio se tomó como referencia los inventarios de plantas por medio de parcelas o transectos estandarizados. Permiten obtener información sobre las características cualitativas y cuantitativas de la vegetación de un área determinada, sin necesidad de estudiarla o recorrerla en su totalidad. Como condición, debían presentar una densidad arbórea suficiente.

Para delimitar las áreas de estudio se ha optado por la realización de transectos con un área de 1.000 m², siendo variable la longitud de sus lados y, por consiguiente, la forma de dicha superficie. Se utilizaron el software ArcGis 10.4 y el visor Google Earth para delimitar cada transecto.

Seleccionadas las parcelas de estudio, se llevó a cabo un inventariado de las especies. El método empleado fue el de las detecciones visuales y auditivas. El observador recorrió cada transecto durante cinco minutos, anotando todos los elementos percibidos. Seguidamente, el muestreo era clasificado en el tiempo y en el espacio.

Se hicieron cuatro controles sobre la misma parcela, a distintas horas del día para tener una información completa: una primera toma, por la mañana; una segunda, al mediodía; otra, por la tarde y una última, a inicios de la noche.

Obtenidos los datos, se tabularon mediante el software de hoja de cálculos EXCEL. Posteriormente, se ha empleado el software SIG de ArcGis para introducir los datos tabulados previamente a una serie de capas de información con el fin de desarrollar una serie cartográfica con los resultados.

Se ha creado una serie de mapas que representan la densidad de especímenes contabilizados para cada parcela y tramo horario. Las unidades están expresadas en hectáreas de área verde por hectáreas de superficie (A.V ha/ Sup ha) para cada parcela estudiada.

A esta serie se le han incorporado la densidad de viviendas y personas de cada distrito censal, según datos del INE, además de crear otra cartografía en la que se pudiese representar la densidad de cobertura vegetal de cada parcela muestreada, a partir de valores porcentuales y en función del grado de recubrimiento del suelo, ya fueran especies arbóreas u otras de bajo porte. Dicha cartografía es el resultado de la implementación de la metodología de Galdames (2000), según la cual estas densidades se consideran factores ambientales para calificar el entorno urbano, de la siguiente manera:

(A) La densidad de áreas verdes (A.V ha/ Sup ha) afecta positivamente la calidad espacial de la comuna; a mayor densidad de áreas verdes se asumen mayores servicios ambientales, entre ellos el hábitat para la fauna. En nuestro caso, se podrá hallar mediante el porcentaje de cubierta vegetal.

(B) La densidad demográfica expresada en (Hab/ha), afecta negativamente a la calidad espacial de la comuna; a mayor número de habitantes por hectárea, se asume un mayor grado de presión sobre las áreas verdes y sobre la fauna, es decir, una mayor alteración o perturbación de la flora y de la fauna presentes.

(C) La densidad de viviendas, expresada en (Viv/ha), afecta negativamente la calidad espacial de la comuna; a mayor número de viviendas, disminuye la calidad ambiental de la comuna debido a la ocupación y artificialización del espacio; este factor está muy ligado a los efectos negativos de la densidad de habitantes, al ser directamente proporcionales. Ibarra & Mínguez (2000) sugieren una densidad promedio de viviendas de 70 (Viv/ha), como un indicador de densidad apropiado para evitar la excesiva congestión u aglomeración, que se asocia a mayor presión sobre las áreas verdes.

Estos indicadores permitieron una primera evaluación de la relación espacio verde, espacio construido y población, definiendo los atributos de calidad alta, media y baja, según rangos estadísticos.

4. RESULTADOS

Según Shaw (2009), la vegetación y la fauna se presentan efectivamente como indicadores de la calidad ambiental. Se ha podido percibir una gradación en la vitalidad del ecosistema. A mayores perturbaciones del área natural, menor densidad de espacios verdes y por ende, menor variedad y número de grupos faunísticos. De esta forma, se diferencia entre parques urbanos (Parque del Oeste, Parque de Málaga y Jardines de Picasso) y áreas periféricas (Monte Gibralfaro, Parque Morlaco y Monte Calvario).

Para reflejar los distintos muestreos y sus respectivos resultados, se desarrollaron unas tablas para cada tramo horario en el que se tomaba la muestra. En ellas se disponen el parcelado y las especies visualizadas. A continuación, se puede observar un ejemplo de estas tablas, para el tramo horario de 8:00 a 9:00 de la mañana, en el que se reconoce un patrón: la presencia de mayor actividad faunística para la mayoría de las parcelas muestreadas, cuando aún la temperatura no es demasiado alta.

Cuadro1. Avistamiento de actividad faunística. Tramo horario de 8:00 a 9:00 de la mañana.

ÁREA DE ESTUDIO	Abubilla		Ardilla		Cotorra_Argentina		Gaviota		Gorrón		Lavandera		Mirlo		Paloma		Tórtola Turca	
	Presencia	Abundancia	Presencia	Abundancia	Presencia	Abundancia	Presencia	Abundancia	Presencia	Abundancia	Presencia	Abundancia	Presencia	Abundancia	Presencia	Abundancia	Presencia	Abundancia
P1_Parque Oeste					SI	2							SI	2	SI	3	SI	3
P2_Parque Oeste					SI	7			SI	2			SI	7	SI	3		
P3_Parque Oeste									SI	7			SI	4			SI	5
P1_Parque Málaga															SI	10		
P2_Parque Málaga													SI	2	SI	5		
P3_Parque Málaga									SI	5			SI	5	SI	13		
P1_Jardines_Picasso													SI	2	SI	5	SI	2
P2_Jardines_Picasso					SI	2												
P3_Jardines_Picasso									SI	3			SI	2	SI	5	SI	2
P1_Monte_Calvario	SI	1	SI	2	SI	5			SI	2			SI	2				
P2_Monte_Calvario									SI	3	SI	3	SI	3				
P3_Monte_Calvario					SI	5			SI	2	SI	2	SI	1				
P1_Parque Morlaco									SI	5								
P2_Parque Morlaco									SI	5								
P3_Parque Morlaco					SI	4			SI	5			SI	2				
P1_Monte_Gibralfaro			SI	1			SI	5	SI	3			SI	1	SI	3	SI	3
P2_Monte_Gibralfaro			SI	1									SI	2	SI	3		
P3_Monte_Gibralfaro			SI	1	SI	5	SI	7	SI	4			SI	4				

Elaboración propia.

El conteo y promedio de los datos tabulados para cada tramo horario hacen posible que la densidad faunística a la que antes nos referimos sea representada cartográficamente, que, junto con otras variables, nos muestra los resultados finales obtenidos.

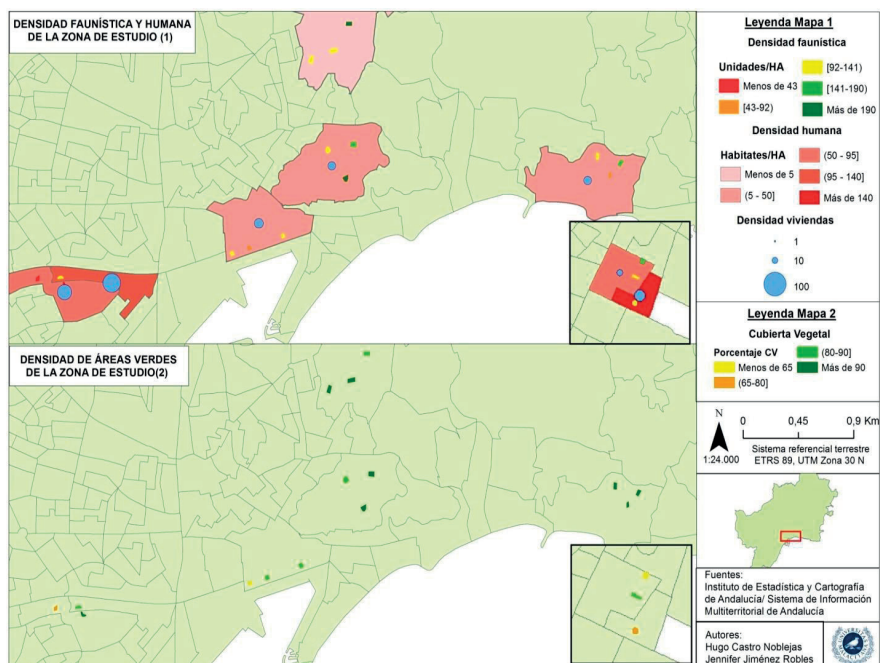
Como se esperaba desde un principio, se confirma el hecho de que la densidad de fauna es mayor conforme avanzamos hacia las zonas periféricas, aunque no de una forma continua. Se puede observar cómo las áreas verdes del Monte Calvario, Monte Gibralfaro y Parque Morlaco son las zonas del centro urbano de Málaga que mayor densidad de fauna se han registrado (desde 92 unidades/HA hasta más de 190 unidades/HA). Además, existe una relación directa con la densidad de habitantes y de viviendas, ya que, al presentar unas densidades relativamente bajas, se convierte en causa y efecto de mayor diversidad de especies, predominando el área forestal

sobre la construida. Aun siendo uno de los criterios de selección de parcelas de muestra la densidad vegetal, la cobertura vegetal >90% siempre es mayor en las áreas periféricas que en parques urbanos. Sin embargo, el Parque de Málaga rompe con el gradiente, pudiéndose considerar un auténtico “pulmón verde” dentro de la ciudad.

Por otro lado, se puede destacar el caso del Parque del Oeste (parque urbano), ya que pese a haber una importante presión de densidad poblacional (más de 95 hab/HA y de 140 hab/HA) y de viviendas (más de 100 por hectárea) en su sección censal, su situación periférica, su amplia extensión, su cercanía al mar y su cierta variedad de flora, hacen que presente características y condiciones mejores que las del centro.

Comparando los espacios periféricos con los parques urbanos, en montes como El Calvario y Gibralfaro se llegan a visualizar pequeños mamíferos como ardillas, mientras que, en espacios como los Jardines de Picasso, en ciertas parcelas apenas se presencia fauna. Además, se ha reconocido la escasa presencia de especies que tradicionalmente copaban los centros urbanos, como el gorrión o el jilguero, aumentando la presencia de cotorras argentinas, que podría ser analizada en futuros trabajos. Su mayor presencia se corresponde con zonas en las que la variedad de especies vegetales es creciente. Especies como la palmera resultan de atracción para estas aves. Las gaviotas y las palomas son aves que también frecuentan estos espacios, justificándose por la simple presencia de alimento y confort climático.

Figura.1. Cartografía de densidad faunística, humana, viviendas y de cobertura vegetal de la ciudad de Málaga



Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Elaboración propia.

La determinación de un nivel de calidad ambiental para un determinado espacio es compleja, ya que se deben tener en cuenta multitud de factores, como los aquí comentados. Las áreas verdes cercanas a la ciudad o al centro urbano siempre van a otorgar una mejor calidad ambiental, por su función de “pulmón verde” y capacidad de acogida de mayor diversidad de fauna no doméstica, por lo que en nuestro caso las áreas periféricas gozarían de una mejor calidad que los parques urbanos de la ciudad de Málaga. La presencia de alimento y confort climático, al que antes aludíamos, bien pueden ser sinónimos de mayor población, actividad y tráfico (contaminación) traducido en una menor calidad ambiental. Por ello, se hace posible determinar una evaluación diferencial en la calidad ambiental de nuestra ciudad, así como permitir futuras investigaciones que contrasten la situación de Málaga con las de otras ciudades.

5. CONCLUSIONES

La calidad de vida en un núcleo urbano también depende de una buena calidad ambiental, no solo del ámbito social y económico. Esto hace que sea importante la búsqueda de un equilibrio ecológico entre fauna urbana y actividades antrópicas. La variedad de grupos faunísticos es mayor en espacios forestales periféricos que en los parques urbanos de la ciudad de Málaga. Asimismo, que la abundante presencia de determinadas especies como la paloma o la cotorra argentina en las áreas centrales de la ciudad, se debe a la simple presencia de alimento y confort climático, a los que se han adaptado, desplazando a otras especies tradicionales de los asentamientos humanos como el gorrión. Perfectamente, puede ser un tema de interés para futuras investigaciones y trabajos.

Si bien no hay una relación inversa sistemática de la densidad de viviendas y de habitantes con respecto a la cantidad de especies avistadas en cada uno de los transectos muestreados, el hecho de que haya escasos corredores y espacios verdes sí que establece dicha correlación: a una mayor densidad de población y de viviendas, menor densidad faunística se observa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional en la elaboración y presentación de este artículo.

También al Departamento de Geografía de la Universidad de Málaga por darnos la oportunidad de trabajar en esta investigación sobre la calidad ambiental de nuestra ciudad, así como a nuestro tutor del proyecto, José María Senciales, por sus consejos y orientaciones, además de animarnos a presentar este estudio de investigación en el X Congreso Español de Biogeografía.

A aquellos geógrafos y geógrafas que trabajan desde hace años para que la Geografía ocupe un lugar reconocible entre las ciencias.

6. REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, M., CÓRDOBA, S., ESCOBAR, F., FAGUA, G., GAST, F., MENDOZA, H., OSPINA, M., UMAÑA, A.M., FADDA, G., MARTÍNEZ, P. J., & DE LOS ÁNGELES BILBAO, M. 2000: "Evaluación de la calidad de vida desde la perspectiva bifocal de "Medio Ambiente-género". El caso de un barrio en Santiago". *Revista INVI*, 15(39).
- FAGGI, A. & PREPELIZIN, P. 2006: "Riqueza de aves a lo largo de un gradiente de urbanización en la ciudad de Buenos Aires". *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, 8(2):289-297.
- LATHAM, J., CUMANI, R., ROSATI, I., & BLOISE, M. 2014. *Global landcover share (GLC-SHARE) database beta-release version 1.0-2014*. FAO: Rome, Italy.
- MORENO MARÍ, J., OLTRA MOSCARDÓ, M. T., FALCÓ GARÍ, J. V. & JIMÉNEZ PEYDRÓ, R. 2007: "El control de plagas en ambientes urbanos: criterios básicos para un diseño racional de los programas de control". *Revista española de salud pública*, 81(1): 15-24.
- REAL, R. 2014: *Biodiversidad urbana: Evolución de la fauna urbana en la ciudad de Málaga entre 2004 y 2013 y propuestas para la Agenda 21*. Observatorio de Medio Ambiente Urbano, Ayuntamiento de Málaga.
- SHAW, L. 2009: *Investigating the role of socioeconomic status in determining urban habitat quality for the house sparrow, Passer domesticus*. University of Exeter.
- SIERRA VÁSQUEZ, M. A. 2012: *Ciudad y fauna urbana: un estudio de caso orientado al reconocimiento de la relación hombre, fauna y hábitat urbano en Medellín*. (Doctoral dissertation). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- SORENSEN, M., BARZETTI, V., KEIPI, K. & WILLIAMS, J.R. 1998: *Manejo de las áreas verdes urbanas*. Inter- American Development Bank.
- VILLAREAL, H. 2004: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Programa de Inventarios de Biodiversidad, Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental.

¿SE PUEDEN ESTUDIAR LAS EXCLUSIONES COMPETITIVAS DEL PASADO? LA APLICACIÓN DE LA MODELACIÓN A LAS INTERACCIONES BIÓTICAS ENTRE LAS VÍBORAS IBÉRICAS

Darío Chamorro Sierra¹, Antonio-Román Muñoz Gallego¹

Fernando Martínez-Freiría² y Raimundo Real Giménez¹

¹*Biogeografía, Diversidad y Conservación, Dpto. de Biología Animal, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga*

²*CIBIO, Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos da Universidade do Porto,*

Instituto de Ciências Agrárias de Vairão

dariochamorro@uma.es, roman@uma.es, fmartinez-freiria@cibio.up.pt, rrgimenez@uma.es

RESUMEN:

En ausencia de barreras geográficas, la segregación de dos especies hacia una parapatría es principalmente atribuible a la competencia entre ambas siempre que se dé en zonas donde el ambiente no sea desfavorable para alguna de ellas (ya que entonces sería el entorno el principal causante), ni del todo favorable para ambas (pues la abundancia de recursos minimiza el efecto de la competencia). Mediante modelos de favorabilidad ambiental para cada especie del género *Vipera* de la península Ibérica, se han identificado zonas ambientalmente favorables donde las especies podrían estar presentes si no fuera, posiblemente, por una exclusión competitiva. *V. aspis* es la que mayor rango de distribución tendría de no ser por los efectos de dicha competencia. Esta metodología es aplicable a otras especies y territorios, permitiendo profundizar en el estudio biogeográfico de las distribuciones.

Palabras clave: áreas favorables, interacciones bióticas, modelos de distribución de especies, parapatría, *Vipera*.

ABSTRACT (Can the competitive exclusions of the past be studied? The application of the modeling to the biotic interactions between the iberian vipers):

Species parapatric distributions is primarily attributable to competition between species if: (1) there are not any geographic barrier in the environment, (2) it is not

totally unfavourable for one or both species (because the effect of an unfavourable environment is stronger), and (3) the environment is not totally favourable for both species (in this case the abundance of resources would minimize the effect of competition). Using environmental favourability models for each *Vipera* species of the Iberian peninsula, we identified environmental favourable areas where the species could inhabit if there were not due to the effects of competitive exclusion between these species. *V. aspis* seems to be the species with a higher distribution range reduced by the competition with the other vipers. This methodology is a good tool in the biogeographic studies of the distributions and interactions, even for other species or territories.

Keywords: biotic interactions, favourable areas, species distribution models, parapatry, *Vipera*.

1. INTRODUCCIÓN

La distribución de las especies a lo largo de un territorio y los patrones que condicionan dichas distribuciones han sido ampliamente estudiados en biogeografía (Muñoz et al., 2005; Martínez-Freiría et al., 2008; Acevedo et al., 2010; Chamorro et al., 2017) siendo la modelación biogeográfica una herramienta muy importante para su estudio (Martínez-Freiría et al., 2008; Acevedo & Real, 2012). Esta distribución puede deberse principalmente a una selección de las poblaciones por determinados ambientes que favorezcan su supervivencia y reproducción.

Sin embargo, también los factores biológicos son importantes a la hora de determinar la extensión de una especie en el espacio. Estos factores pueden ser intrínsecos de la especie, como su historia biológica o su dinámica poblacional, o pueden ser factores extrínsecos que dependen de la interacción entre la especie con el resto de biota del lugar. A su vez, el ambiente influye en el resultado de dichas interacciones, haciendo que un mismo grupo de especies interactúe de manera diferente dependiendo del tipo de ambiente en el que se encuentre en el caso de habitar en un espacio ambientalmente heterogéneo (Martínez-Freiría et al., 2008).

Este tipo de conexión ambiente-interacción biótica explicaría que en caso de que el ambiente sea favorable para ambas especies, la coexistencia es posible, pues la abundancia de recursos minimizaría el efecto de la competencia. Por otro lado, en las zonas donde el ambiente es desfavorable para una o ambas especies se daría el fenómeno de segregación autoecológica, es decir, el ambiente es el que determina que una especie o las dos no se encuentren en esa zona dado que las condiciones son demasiado adversas para que sobrevivan y las especies ni siquiera llegan a interactuar entre ellas. Sería entonces en las zonas donde el ambiente es algo favorable para una especie y algo menos desfavorable para otra donde se podría dar el fenómeno de exclusión competitiva (Hardin, 1960), ya que una especie es más apta en un determinado tipo de ambientes y, por tanto, consigue tener mayor éxito biológico y reproductivo, desplazando a la otra (Acevedo et al., 2012b).

En el presente estudio se analizó el caso de parapatría presente en las especies del género *Vipera* que actualmente habitan en la península Ibérica. Para ello se

elaboraron modelos de favorabilidad ambiental para tratar de reflejar la mayor o menor extensión hipotética de las especies si el ambiente fuese el único factor que determinara su distribución, sin tener en cuenta las interacciones con las otras víboras, tratando de revelar interacciones bióticas que se reflejan en la distribución actual de las especies.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

La península Ibérica es un territorio de más de 600.000 km² situado al suroeste de Europa. Su situación geográfica sumada al hecho de estar rodeada de dos grandes masas de agua (el océano Atlántico y el mar Mediterráneo), salvo por su conexión con Francia, le otorgan una gran heterogeneidad ambiental, pudiendo dividir el clima ibérico en tres grandes regiones: mediterránea, atlántica y de interior (Font, 2000). Topográficamente, la mayor parte de la península Ibérica está configurada como una meseta, aunque también cuenta con varias cadenas montañosas. En el presente estudio se emplearon datos de presencia/ausencia de las especies en un mapa UTM 10x10 Km de la península Ibérica ($n = 5.791$).

2.2. VARIABLES PREDICTORAS

Para realizar la modelación de la distribución de las víboras en la península Ibérica se emplearon un total de 33 variables relacionadas con el clima (referentes a la disponibilidad de agua y a la disponibilidad de energía), la topografía, la actividad humana y la cobertura del suelo de la península Ibérica (Tabla 1). También se usaron variables relativas a la situación espacial (latitud y longitud) para la elaboración del *trend-surface analysis* (Legendre & Legendre, 1998). Estas variables fueron tratadas mediante un análisis de correlación para evitar la multicolinealidad, seleccionando aquellas variables de un mismo factor que no estén muy correlacionadas entre sí (Coeficiente de Spearman $< 0,8$) y en base a su capacidad potencial de predecir la distribución de la especie, considerándose el valor medio de cada variable en cada celda UTM (Muñoz et al., 2005).

2.3. ESPECIES ESTUDIADAS

En la península Ibérica existen tres especies de víboras que presentan una distribución parapátrica y comparten ciertos rasgos ecológicos (Martínez-Freiría et al., 2014a):

- La víbora áspid (*Vipera aspis*; Figura 1, A), de carácter mediterráneo, presente en la península Ibérica en la región pirenaica, pre-pirenaica y Sistema Ibérico septentrional (Martínez-Freiría, 2014).
- La víbora hocicuda (*Vipera latastei*; Figura 1, B), también de carácter mediterráneo que se extiende por la mayor parte de la península Ibérica salvo una franja en el norte (Martínez-Freiría et al., 2014b).

- La víbora de Seoane (*Vipera seoanei*; Figura 1, C), de carácter eurosiberiano, endémica de la zona más noroccidental de la península Ibérica, llegando a penetrar unos pocos kilómetros en Francia (Martínez-Freiría & Brito, 2014).

Tabla 1. Variables empleadas en la modelación agrupadas por factores y subfactores ambientales.

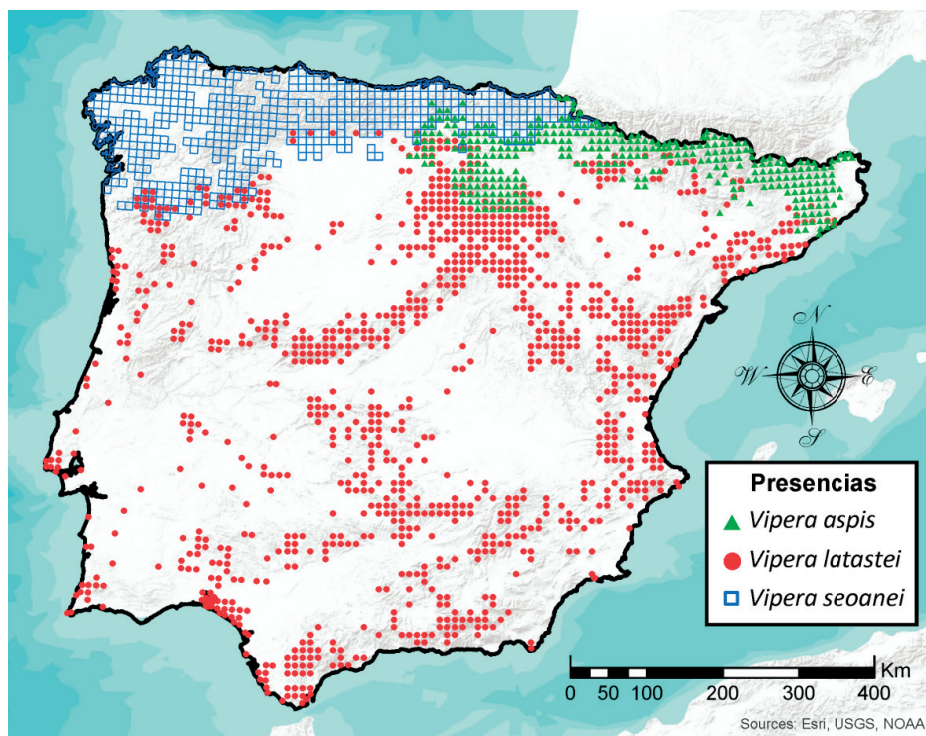
Climáticas	Disponibilidad de energía	Temperatura media	Días con niebla
		Temperatura mínima	Evapotranspiración potencial
		Temperatura máxima	Insolación
		Días con temp. Mín. < 0°C	Radiación solar directa
		Días con temp. Mín. > 20°C	Radiación solar indirecta
		Días con temp. Máx. > 25°C	
	Disponibilidad de agua	Precipitación anual	Días con prec. > 30 mm
		Días con prec. > 0.1 mm	Evapotranspiración real
		Días con prec. > 1 mm	Humedad mínima
		Días con prec. > 10 mm	Humedad máxima
No climáticas	Topografía	Altitud	Pendiente
	Actividad Humana	Distancia a carreteras	Densidad de población
	Cobertura de suelo	Área artificial	Áreas rocosas
		Cultivos	Bosques de coníferas
		Pastos	Bosques caducifolios
		Vegetación escasa	Nieve
		Zonas desnudas	Matorrales

Los datos de distribución de dichas víboras (Figura 2) fueron obtenidos de la base de datos de la Asociación Herpetológica Española, del *Atlas de Reptiles y Anfibios de Portugal* (Loureiro et al., 2008), completados con algunos registros personales.

Figura 1. Ejemplos de la víbora de áspid (A), víbora hocicuda (B) y víbora de Seoane (C).



Figura 2. Datos de presencias/ausencias de las víboras ibéricas en el mapa UTM 10x10 Km



2.4. MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN

Para cada especie de víbora ibérica se realizó un modelo de distribución empleando la Función de Favorabilidad (Real et al., 2006), que elimina el efecto de la prevalencia de los valores de probabilidad obtenidos mediante una regresión logística (Acevedo & Real, 2012). En un primer paso, se emplearon sólo las variables puramente espaciales (latitud, longitud y combinaciones de dichas variables hasta la tercera potencia mediante el *trend-surface analysis* (Legendre & Legendre, 1998) para delimitar las Áreas Espacialmente Relevantes (AER) para cada especie (seleccionando como áreas espacialmente favorables aquellas cuyo valor de favorabilidad sea mayor de 0.2 y mayor que el valor de favorabilidad más bajo hallado en una cuadrícula con presencia de cada especie). Dichas áreas restringen el área de estudio a aquellas zonas donde la especie actualmente se encuentra interaccionando con el ambiente (Acevedo et al., 2012a), descartando efectos históricos o relativos a la dinámica poblacional de la especie. Posteriormente se realizaron modelos de favorabilidad ambiental con las variables de topografía, clima, vegetación y actividad humana dentro del área espacialmente relevante, empleando la tasa de descubrimiento falso (FDR) como control del error de tipo I y la multicolinealidad (Benjamini & Hochberg, 1995). Los modelos resultantes fueron evaluados siguiendo criterios

de clasificación y discriminación. Finalmente, estos modelos fueron extrapolados al resto de la Península Ibérica siguiendo la metodología descrita en Barbosa et al. (2009), identificando aquellas zonas ambientalmente favorables para la especie, aunque no sean espacialmente favorables.

3. RESULTADOS

La favorabilidad de la península Ibérica para las tres especies estudiadas del género *Vipera* se muestran en la Figura 3. Las extrapolaciones de favorabilidad ambiental fuera del AER detectan varias zonas favorables para *V. aspis* principalmente asociadas a los sistemas montañosos ibéricos, una gran zona favorable para *V. seoanei* cerca de su AER y no detecta zonas favorables ambientalmente para *V. latastei*.

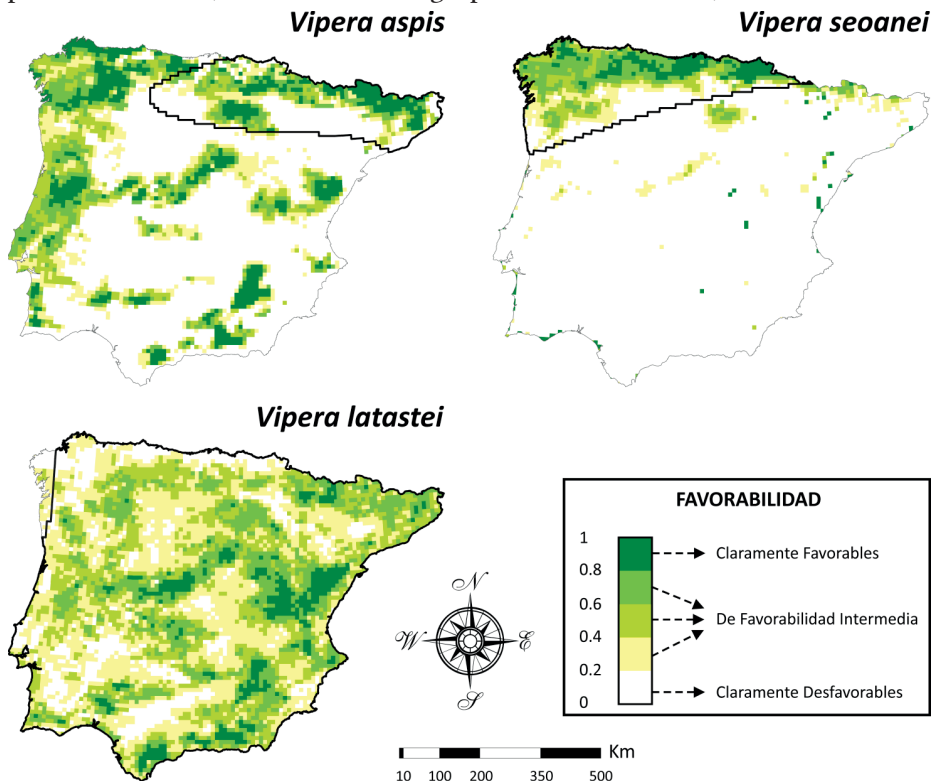
4. DISCUSIÓN

La Biogeografía es el estudio de los patrones que condicionan la distribución de las especies en el espacio y en el tiempo y, con este objetivo, los modelos de favorabilidad son herramientas útiles que permiten analizar la conexión entre las especies y el ambiente en el que se hallan (Acevedo & Real, 2012).

En el caso de la víbora hocicuda, su amplia distribución a lo largo de la península Ibérica hace que el modelo resultante en su Área Espacialmente Relevante (AER) ocupe prácticamente la totalidad de la misma, haciendo que la extrapolación sea a una pequeña franja galaico-portuguesa donde no se detectan zonas favorables. Si tenemos en cuenta su distribución global, la especie está presente en Marruecos, Argelia, Túnez y la península Ibérica (Martínez-Freiría et al., 2014b), lo que sugiere una buena adaptación al clima mediterráneo. Esto explicaría por qué la especie está ausente en la cornisa cantábrica y por qué la favorabilidad en esa zona no es muy elevada.

Para la víbora de Seoane se detectaron muy pocas zonas favorables fuera de su AER, la cual incluye toda la cornisa cantábrica y parte del norte de Portugal. Tan sólo una pequeña isla de favorabilidad intermedia-alta es detectada en el Sistema Ibérico, muy próxima a sus zonas de distribución donde la especie no ha llegado. Dado el buen esfuerzo de muestreo constante que se realiza en esa zona, no hay ningún indicio que nos haga pensar que la especie está presente ahí y no se ha detectado. Sin embargo, sí que abre la puerta a discutir si el motivo de su ausencia se deba a una exclusión competitiva con otra víbora que ocupe su hábitat, como la víbora de áspid (Martínez-Freiría, 2014; Martínez-Freiría & Brito, 2014). La víbora de Seoane se ha adaptado a las condiciones húmedas de la península Ibérica ya que evita las zonas mediterráneas cercanas a su distribución (Martínez-Freiría & Brito, 2014), lo que sugiere que en una zona de convergencia entre especies, un ambiente húmedo le favorezca, mientras que uno más seco le perjudique, en concordancia con los resultados de Martínez-Freiría et al. (2008) a escala local. También se puede pensar que en dicha región *V. seoanei* ha podido estar en el pasado o que quizás siendo una zona favorable en el futuro, la especie la ocupe, por lo que existe un especial interés en monitorizar las áreas de distribución de esta especie como modo de validar los modelos generados.

Figura 3. Favorabilidad de las víboras ibéricas. El Área Espacialmente Relevante (AER) se muestra delimitada por una línea negra de trazo grueso. En su interior se representan los valores de favorabilidad obtenidos mediante la modelación dentro del AER y fuera, los valores de favorabilidad ambiental extrapolados al resto de la península Ibérica (consultar Metodología para más información).



El AER para la víbora de áspid se concentró en la zona de los Pirineos y la zona central del norte peninsular. En su extrapolación se observa cómo a esta especie le favorecen también otros climas de alta montaña en la Cordillera Cantábrica, donde *V. seoanei* está presente y en el Sistema Central, los Montes de León, el Sistema Ibérico, Sierra Morena, las Cordilleras Béticas y el Macizo Galaico-Portugués, donde *V. latastei* habita. Además, fuera de la península Ibérica, la especie está presente en Francia, Andorra, Alemania, Suiza, Eslovenia, Italia y Sicilia (Sillero et al., 2014), lo cual refleja su buena adaptación tanto al clima Atlántico como al Mediterráneo. Su distribución, asociada a los Pirineos en la península Ibérica, junto al hecho de que la extrapolación detecte ambientes favorables para la especie en zonas donde no está, indican que las otras especies de víboras pueden ser mejores competidoras, al menos en esos ambientes (p.ej.: *V. latastei* en el Sistema Central y *V. seoanei* en el País Vasco). Además, *V. latastei* y *V. aspis* son dos especies hermanas que se diferenciaron por vicarianza hace unos 8 millones de años, a finales del Mioceno (Lenk et al., 2001; Alencar et al., 2016). De este modo, no cabe pensar que *V. aspis* haya entrado

desde Francia y no haya sido capaz de alcanzar otras zonas de la península Ibérica, sino más bien que una subespecie, *V. aspis zinnikeri* tuvo un refugio glacial entre Cataluña y Montpellier, desde donde se habría expandido a los Pirineos y zonas periféricas (Martínez-Freiría et al., 2017) pero posiblemente sin poder ocupar el resto de hábitats por la presencia de las otras víboras.

Dado que las interacciones bióticas no son un fenómeno estable, sino que varían a lo largo del espacio y del tiempo en función de otros factores, como puede ser el ambiente (Acevedo et al., 2012b), sería erróneo afirmar que las otras especies de víboras son mejores competidoras que la víbora de áspid simplemente por el hecho de presentar zonas favorables donde no se encuentra. Una mejor aproximación sería que en aquellos lugares de ambiente favorable donde la especie está ausente podría deberse a la exclusión competitiva que hubo en un pasado y que, quizás, se mantenga en el presente, hecho que apuntan en la misma dirección que otros estudios en zonas de contacto (Martínez-Freiría et al., 2010). De este modo, la parapatría que se observa en la península Ibérica con las víboras podría deberse, no sólo a un efecto de su ambiente heterogéneo, sino a las interacciones bióticas, y en concreto a las exclusiones competitivas entre las diferentes especies.

El papel del ambiente en el resultado de dichas interacciones es claro, y por ello se abre la puerta a plantearnos preguntas sobre qué tipo de interacciones son las que acontecen, o cómo se van a desarrollar en el futuro si tenemos en cuenta los escenarios de cambio climático propuestos por el I.P.C.C., los cuales predicen un cambio en los ambientes de la península Ibérica.

Los modelos de distribución de especies empleando la favorabilidad ambiental delimitando el área geográfica donde se encuentran las especies, permiten detectar zonas donde la especie podría estar ya que su ambiente es favorable, pero no se encuentra o no está. Si tenemos en cuenta la distribución global de las especies y los determinados tipos de ambientes en los que habita, sería posible establecer hipótesis sobre las causas de dicha distribución local. La favorabilidad, al incluir a la lógica difusa, permite establecer relaciones entre modelos de especies diferentes, y sus estudios pueden arrojar algo de luz sobre los efectos de las interacciones entre las diferentes especies e identificar en qué zonas se produce exclusión competitiva, coexistencia o exclusión autoecológica.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se incluye dentro del proyecto de Red de Parques Nacionales (1098/2014) del Ministerio Español de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. D. Chamorro ha sido subvencionado por la beca FPU (15/00123) del Ministerio Español de Educación, Cultura y Deporte. F. Martínez-Freiría ha sido subvencionado por la beca postdoctoral SFRH/BPD/109119/2015 de la Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Portugal).

5. REFERENCIAS

- ACEVEDO, P., JIMÉNEZ-VALVERDE, A., LOBO, J.M. & REAL, R. 2012a: "Delimiting the geographical background in species distribution modelling". *Journal of Biogeography*, 39: 1383–1390.
- ACEVEDO, P., JIMÉNEZ-VALVERDE, A., MELO-FERREIRA, J., REAL, R. & ALVES, P.C. 2012b: "Parapatric species and the implications for climate change studies: A case study on hares in Europe". *Global Change Biology*, 18:1509–1519.
- ACEVEDO, P. & REAL, R. 2012: "Favourability: Concept, distinctive characteristics and potential usefulness". *Naturwissenschaften*, 99:515–522.
- ACEVEDO, P., WARD, A.I., REAL, R. & SMITH, G.C. 2010: "Assessing biogeographical relationships of ecologically related species using favourability functions: A case study on British deer". *Diversity and Distributions*, 16:515–528.
- ALENCAR, L.R.V., QUENTAL, T.B., GRAZZIOTIN, F.G., ALFARO, M.L., MARTINS, M., VENZON, M. & ZAHER, H. 2016: "Diversification in vipers: Phylogenetic relationships, time of divergence and shifts in speciation rates". *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 105:50–62.
- BARBOSA, A.M., REAL, R. & VARGAS, J.M. 2009: "Transferability of environmental favourability models in geographic space: The case of the Iberian desman (*Galemys pyrenaicus*) in Portugal and Spain". *Ecological Modelling*, 220:747–754.
- BENJAMINI, Y. & HOCHBERG, Y. 1995: "Controlling the False Discovery Rate: a practical and powerful approach to Multiple Testing". *Journal of the Royal Statistical Society. Series B.*, 57:289–300.
- CHAMORRO, D., OLIVERO, J., REAL, R., & MUÑOZ, A.-R. 2017: "Environmental factors determining the establishment of the African Long-legged Buzzard *Buteo rufinus* *cirtensis* in Western Europe". *Ibis*, 159:331–342.
- FONT, I. 2000: *Climatología de España y Portugal*. Ediciones Universidad de Salamanca, Salamanca.
- HARDIN, G. 1960: "The Competitive Exclusion Principle". *Science*, 131:1292–1297.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998: *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam.
- LENK, P., KALYABINA, S., WINK, M. & JOGER, U. 2001: "Evolutionary Relationships among the True Vipers (Reptilia: Viperidae) Inferred from Mitochondrial DNA Sequences". *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 19:94–104.
- LOUREIRO, A., FERRAND DE ALMEIDA, N., CARRETERO, M.A. & PAULO, O. 2008: *Atlas dos Anfíbios e Répteis de Portugal*. Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Lisboa.
- MARTÍNEZ-FREIRÍA, F. 2014: "*Vipera aspis* (Linnaeus, 1758)", en SALVADOR, A. (ed.): *Fauna Ibérica. Vol 10. Reptiles*, Museo Nacional de Ciencias – CSIC, Madrid, pp. 902–921.
- MARTÍNEZ-FREIRÍA, F. & BRITO, J.C. 2014: "*Vipera seoanei* (Lataste, 1879)", en SALVADOR, A. (ed.): *Fauna Ibérica. Vol 10. Reptiles*, Museo Nacional de Ciencias-CSIC, Madrid, pp. 942–957.
- MARTÍNEZ-FREIRÍA, F., BRITO, J.C., PLEGUEZUELOS, J.M. & SANTOS,

X. 2014a “Género *Vipera*”, en SALVADOR, A. (ed.): *Fauna Ibérica. Vol 10. Reptiles*, Museo Nacional de Ciencias – CSIC, Madrid, pp. 899–902.

MARTÍNEZ-FREIRÍA, F., BRITO, J.C., PLEGUEZUELOS, J.M. & SANTOS, X. 2014b “*Vipera latastei* Boscá, 1878”. en SALVADOR, A. (ed.): *Fauna Ibérica. Vol 10. Reptiles*, Museo Nacional de Ciencias – CSIC, Madrid, pp. 921–942.

MARTÍNEZ-FREIRÍA, F., FREITAS, I., ZUFFI, M.A.L., GOLAY, P., URSENBACHER, S. & VELO-ANTÓN, G. 2017: “Comparative evolutionary history of the Western Mediterranean vipers, *Vipera aspis* and *V. latastei-monticola*. en VV.AA. *19th European Congress of Herpetology*, Salzburg, Austria, pp. 107.

MARTÍNEZ-FREIRÍA, F., LIZANA, M., DO AMARAL, J.P. & BRITO, J.C. 2010: “Spatial and temporal segregation allows coexistence in a hybrid zone among two Mediterranean vipers (*Vipera aspis* and *V. latastei*)”. *Amphibia-Reptilia*, 31:195–212.

MARTÍNEZ-FREIRÍA, F., SILLERO, N., LIZANA, M. & BRITO, J.C. 2008: “GIS-based niche models identify environmental correlates sustaining a contact zone between three species of European vipers”. *Diversity and Distributions*, 14:452–461.

MUÑOZ, A.-R., REAL, R., BARBOSA, A.M., & VARGAS, J.M. 2005: “Modelling the distribution of Bonelli’s eagle in Spain: Implications for conservation planning”. *Diversity and Distributions*, 11:477–486.

REAL, R., BARBOSA, A.M., & VARGAS, J.M. 2006: “Obtaining environmental favourability functions from logistic regression”. *Environmental and Ecological Statistics*, 13:237–245.

SILLERO, N., CAMPOS, J., BONARDI, A., CORTI, C., CREEMERS, R., CROCHET, P.-A., ISAILOVIĆ, J.C., DENOËL, M., FICETOLA, G.F., GONÇALVES, J., KUZMIN, S., LYMBERAKIS, P., DE POUS, P., RODRÍGUEZ, A., SINDACO, R., SPEYBROECK, J., TOXOPEUS, B., VIEITES, D.R. & VENCES, M. 2014: “Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe”. *Amphibia-Reptilia*, 35:1–31.

EVOLUCIÓN PALEOBIOGEOGRÁFICA DEL ABETO (*ABIES ALBA*) EN SU LÍMITE MERIDIONAL IBÉRICO (PARC NATURAL DEL MONTSENY, GIRONA-BARCELONA)

Raquel Cunill-Artigas¹, Albert Pèlachs Mañosa¹, Joan Manuel Soriano López¹,
Ramón Pérez-Obiol², Jordi Nadal Tersa¹ y Marc Sánchez Morales¹

¹Dpto. Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona

²Dpto. Biología Vegetal, Biología Animal y Ecología, Universitat Autònoma de Barcelona

¹cunillraquel@gmail.com, ¹albert.pelachs@uab.cat, ¹joanmanuel.soriano@uab.cat

²ramon.perez@uab.cat, ¹jordi.nadal@uab.cat, ¹marc.sanchez.morales@uab.cat

RESUMEN:

En el macizo del Montseny, localizado a tan sólo 24 km en línea recta de la costa mediterránea, encontramos los abetales más meridionales de la península Ibérica. Estas poblaciones pueden ser una pieza clave para comprender la evolución histórica y la distribución actual del abeto en la vertiente sur pirenaica. El Montseny ha sido considerado como una posible región refugio del abeto durante el último periodo glaciario. Sin embargo, el tamaño reducido de las actuales poblaciones y las plantaciones existentes en áreas contiguas, han servido también de argumento para cuestionar el posible origen natural de las actuales poblaciones.

Por ello, el trabajo que se presenta tiene por objetivo principal el estudio del origen y la extensión del abeto en el Parque Natural. La metodología seguida ha consistido en el análisis de los carbones del suelo (pedoantracología). Los primeros datos paleoecológicos ponen de manifiesto el carácter natural y una presencia pretérita mucho más amplia del abeto en el área de estudio.

Palabras clave: *Abies alba*, Montseny, biogeografía histórica, pedoantracología, carbón del suelo

ABSTRACT (Paleobiogeographic evolution of the fir (*Abies alba*) at its southern iberian limit (Parc Natural del Montseny, Girona-Barcelona)):

In the Montseny Massif, located just 24 km as the crow flies from Mediterranean coast, we find the southernmost fir woods of the Iberian Peninsula. These

populations can be a key to understand the historical evolution and the current distribution of fir in the South Pyrenean slope. The area has been considered as a possible fir refuge during the last glacial period. Nevertheless, the small size of the present populations and the fir plantations in contiguous areas have been used as arguments to question the natural origin of present populations.

Thus, the main objective of this work is the study of the origin and past distributions of fir in the Natural Park area. The methodology used has been the analysis of soil carbon (pedoanthracology). Preliminary paleobotanical data show the natural character and the wider past distribution area of silver fir.

Keywords: *Abies alba*, Montseny, historical biogeography, pedoanthracology, soil charcoal

1. INTRODUCCIÓN

Diferentes investigaciones paleobiogeográficas realizadas a nivel europeo en los Alpes, Apeninos y Pirineos, muestran como la existencia de abeto es más reducida actualmente que la que habríamos tenido a mediados del Holoceno, ocupando áreas de menor altitud y diferentes orientaciones topográficas (Schneider & Tobolski, 1985; Wick, 1989; Tinner et al., 1999; Jalut et al., 1998; Pèlachs et al., 2009; Galop et al., 2013; Cunill et al., 2015).

Por otro lado, diferentes modelos realizados desde una perspectiva topoclimática de *Abies alba* en el Pirineo (Alba et al., 2009; Alba-Sánchez et al., 2010; Serra-Díaz, Ninyerola & Lloret, 2012) ponen en evidencia que la extensión actual del abeto en la península Ibérica es mucho más reducida y fragmentada de lo que podríamos esperar. Según el modelo de Alba Sánchez (2009), la cobertura actual es tan solo el 30% de su potencial topoclimático óptimo.

Para entender y explicar esta peculiar distribución actual es necesario conocer la evolución histórica de la distribución biogeográfica de esta especie.

Un primer paso para comprender esta evolución pasa por conocer en qué zonas refugio quedó recluido el abeto en los últimos periodos glaciales y qué caminos de migración emprendió con la mejora climática holocena. Si bien intuimos que el NE peninsular puede haber acogido áreas refugio, hecho que se deduce a partir de la colonización de Este a Oeste a lo largo de la cordillera pirenaica (Jalut et al., 1998, Esteban et al., 2003, Pèlachs et al., 2009), aún hoy no se han podido localizar estas áreas y caminos de forma concreta.

El trabajo que aquí se presenta tiene como objetivo el estudio de la evolución biogeográfica del abeto en el Montseny para conocer su origen y sus dinámicas, así como comprender qué papel puede haber jugado este macizo como área refugio o como camino de migración postglacial del abeto.

La vegetación actual del Montseny y su dinámica reciente ha sido vastamente estudiada por botánicos y geógrafos como Bolós (1983, 1986), Llobet (1947), Panareda (1978, 1995, 1996), Boada (2002) o Nuet (2014). El estudio paleobotánico que aquí presentamos es una oportunidad para contextualizar históricamente y dar una diacronía temporal a estos valiosos trabajos de referencia.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El macizo del Montseny se localiza al nordeste de la península Ibérica, formando parte de la Cordillera Pre-litoral Catalana, en el límite entre las provincias de Barcelona y Girona. Su punto más alto es el Turó de l'Home, que alcanza los 1.712m. En referencia a la geología, el macizo del Montseny se estructura en dos partes: por un lado, el zócalo, compuesto por los materiales paleozoicos y formado por rocas ígneas y metamórficas; y, por otro lado, la cobertura, constituida fundamentalmente por rocas sedimentarias depositadas durante la era Mesozoica, en concreto en el período Triásico.

La orografía y su proximidad al mar (15 km) contribuyen a una elevada variedad climática. De forma general, podemos hablar de la predominancia de un clima mediterráneo subhúmedo en las zonas bajas, que va progresivamente evolucionando hasta un clima eurosiberiano de tendencia atlántica en las áreas culminares. De esta forma, bioclimáticamente el Montseny se divide en tres grandes dominios: el dominio de los bosques esclerófilos mediterráneos (encinares y alcornoques) condicionados por los veranos secos y calurosos, el dominio de los bosques caducifolios submediterráneos (robledales de *Quercus pubescens* y *Quercus petraea* y castaños) relacionados con veranos frescos y el dominio de los bosques caducifolios de carácter atlántico (hayedos, abetal y bosques caducifolios mixtos) influenciados por la presencia frecuente de nieblas de origen convectivo de las brisas marinas (Salvà, 2004). En las zonas culminales también podemos encontrar ambientes subalpinos (matorrales y prados culminares).

Los tres puntos de muestreo se han localizado alrededor de la zona del Turó de l'Home entre los 1.300 m y 1.600 m de altitud (Mapa 1). El paisaje vegetal se compone aquí de hayas y abetos, conformando los ambientes centroeuropeos del macizo. Dos puntos se han realizado fuera del abetal y dentro del hayedo, uno con orientación sur (Montsol, 1.374 m) y el otro con orientación oeste (Montsagudes, 1605 m). Por último, se ha localizado un punto dentro del abetal de Passavets con orientación norte (Montsoba, 1.357 m).

3. METODOLOGÍA

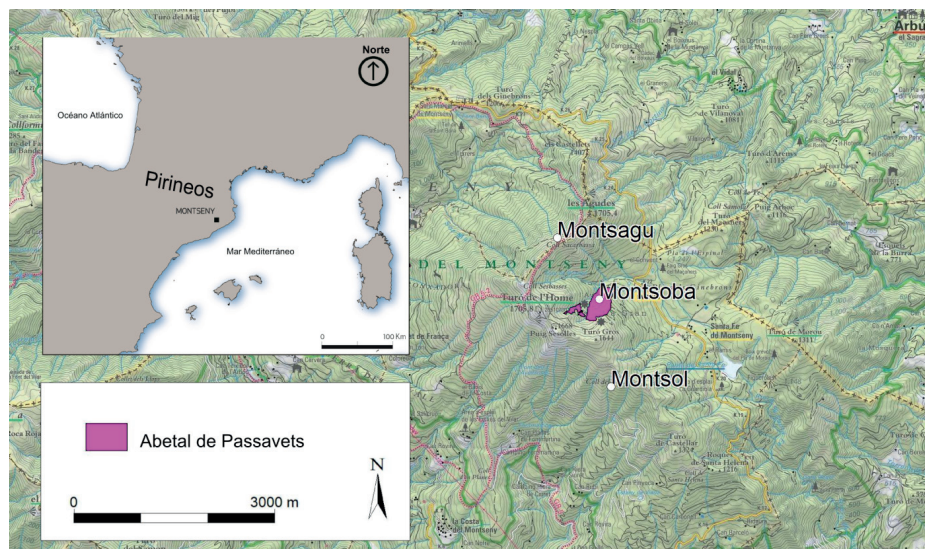
La Pedoantracología, técnica usada en este estudio, es una disciplina que utiliza los carbones vegetales del suelo para la interpretación de la dinámica histórica de la vegetación leñosa de un lugar. Mediante la cuantificación, identificación y datación del carbón del suelo podemos interpretar las dinámicas vegetales con alta precisión espacial (Talon & Carcaillet, 1996). Cronológicamente su cobertura es amplia extendiéndose por todo el período Holoceno. A nivel espacial, esta técnica trabaja con una gran precisión, ofreciéndonos información a nivel de punto de muestreo o vertiente de valle.

Las muestras de suelo fueron extraídas cavando fosas de una profundidad de entre 90 y 120 cm y dividiendo cada perfil en 5 niveles de muestreo (ver figura 2). La separación e identificación del carbón se realizó en base al procedimiento descrito por Thinon y Carcaillet (1996) y Talon et al. (1998) adaptado por Bal (2010) y Cunill (2012) en el Pirineo. Antes de identificarlos, los carbones son aislados de la

tierra mediante el tamizado en agua y la posterior selección manual del carbón con la ayuda de una lupa binocular. Las mallas de tamizado y los consecuentes tamaños de los carbones son 5, 2 y 0,8 mm. Se ha realizado la identificación taxonómica de 60 a 100 carbones por nivel de muestreo llegando así a 1.140 carbones identificados. Se ha utilizado un microscopio episcópico Olympus BX 51 (100x, 200x y 500x). Los taxones fueron determinados con la ayuda de dos atlas de anatomía de maderas y carbones (Schweingruber, 1990, Vernet, 2001).

Los carbones se están datando por el método AMS para ^{14}C en el laboratorio de Beta Analytic Inc. (Miami, Florida, USA).

Mapa 1. Localización del área de estudio y de los puntos de muestreo pedantracológico.



Elaboración propia a partir del Mapa topográfico 1:50.000, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

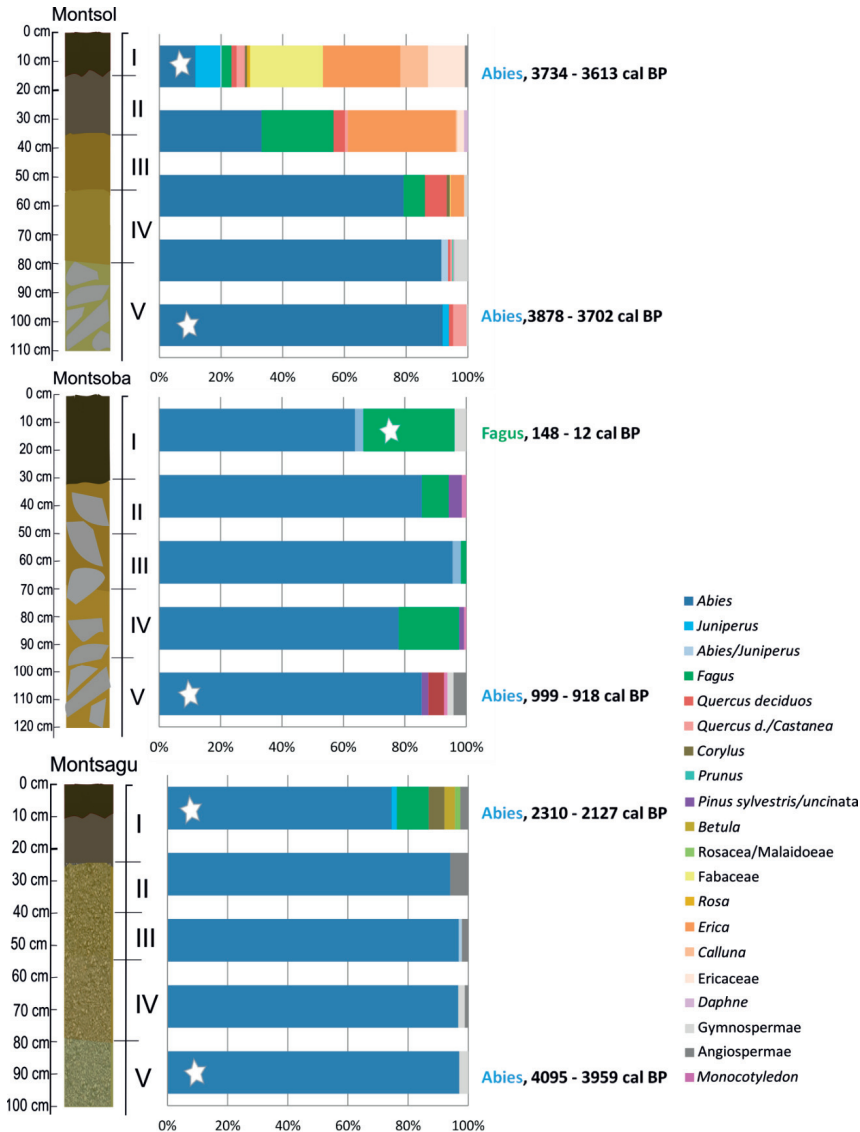
4. RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 1 se pueden apreciar los resultados de la identificación taxonómica de los carbones de las tres fosas realizadas, así como las dataciones radiocarbónicas realizadas hasta el momento. No se han contabilizado en el cálculo del porcentaje los carbones que no han podido ser identificados debido a su grado de vitrificación o debido a cualquier otra alteración de la anatomía de la madera.

El primero de los resultados obtenidos es la presencia de carbones de *Abies alba* en todos los puntos y niveles de muestreo. Recordemos que solo el punto de Montsoba (orientación norte) se encuentra hoy dentro del abetal. Pero aparte de la presencia, otro hecho a destacar es la gran cantidad de carbón de abeto encontrado en todos los puntos. Esto supone de entre un 67,5% a un 92,7% del total de carbones identificados de cada punto. De forma general, sólo con algunas irregularidades en

Montsoba, el carbón de abeto aumenta con el mayor grado de profundidad del suelo. Por todas estas evidencias podemos afirmar que el abeto: 1) Ha tenido un papel más importante del que hoy tiene en el macizo y 2) Su área de distribución ha sido en el pasado claramente más amplia que la actual. Gracias a las dataciones podemos saber que hace entre 4000 y 3600 años y hace 2300 años aproximadamente encontramos dos momentos en que el abeto tuvo esta distribución más amplia que la actual en el macizo.

Figura 1: Identificación taxonómica de los fragmentos de carbón expresada en el tanto por ciento de masa (mg) y dataciones calibradas.



Una de las características de esta área de distribución anterior que difiere de la actual es la presencia de abeto en diferentes orientaciones del macizo. Actualmente el abeto se encuentra confinado en la vertiente norte, mientras que los carbones nos indican que había estado presente en la vertiente oeste y sur. Si bien en el punto de muestreo de Montsol (orientación sur), es donde el abeto es más escaso, este supone un 67,5% de los carbones totales por perfil y en los niveles de muestreo inferiores esta cifra llega al 78,9%. Esto nos demuestra que el abeto ha tenido históricamente un papel importante en áreas de exposición solar elevada, como ya se ha podido ver en otros estudios previos (Cunill et al., 2015a y b).

Así, en el área de solana (Montsol), hoy ocupada por el haya, vemos que los niveles más profundos están ocupados por el abeto y como dan paso a un paisaje mixto entre abeto, haya y roble para llegar a los niveles superficiales, a un paisaje abierto caracterizado por las ericáceas (*Calluna* sp, *Erica* sp, ...) y las leguminosas, que muy probablemente, tomando como referencia la vegetación actual deberían ser de *Cytisus scoparius*. Las dataciones nos han confirmado que durante la edad del Bronce el abeto tenía una presencia importante en esta área y que claramente se vio afectado por los incendios o quemas antrópicas. Este fenómeno de abundancia, pero también de impacto sobre los abetales durante este periodo es registrado en otros puntos del Pirineo de forma clara a través de los estudios pedoantracológicos y palinológicos.

En el punto de muestreo de Montsagu con orientación oeste es donde se han identificado el mayor número de carbones de *Abies*, un 92,7% del total. Esto contrasta con el hayedo actual y el paisaje de matorral que caracterizaba esta área en el año 1943 según las fotografías de Boada (2002). Sólo en el nivel más superficial encontramos unos pocos carbones del estrato arbustivo (*Juniperus* sp, *Rosa* sp) y otras especies arbóreas eurosiberianas como el haya, el avellano y el abedul. En los estratos inferiores, los carbones son casi monoespecíficos de abeto. Esto nos lleva a deducir que, sin duda alguna, el abeto ha formado parte muy importante del paisaje vegetal histórico de esta área. De hecho, vemos que este estaba presente durante la edad del Bronce y que se recuperó del impacto de esta época, volviendo a ser datado durante el periodo romano.

En referencia al punto de muestreo dentro del abetal de Passavets, los carbones no hacen más que corroborar la presencia histórica del abeto en el lugar, aunque la datación más antigua por el momento corresponde a la edad media. La actual datación de haya no hacen más que poner de manifiesto su presencia reciente. Otro hecho a destacar es la presencia de *Quercus* y del pino tipo *sylvestris/uncinata*. Aunque con cantidades pequeñas, resalta la presencia del pino. Esta especie no está presente actualmente en el conjunto del área ni en forma de carbón en los otros dos puntos de muestreo.

Una segunda fase del proyecto pasa también por realizar más puntos de muestreo fuera del actual dominio eurosiberiano. De esta forma se podrá comprobar si la distribución pretérita del abeto salió de esta área colonizando el dominio actual de los bosques caducifolios submediterráneos y de los bosques esclerófilos mediterráneos.

5. CONCLUSIONES PROVISIONALES

La primera gran conclusión pasa por la demostración de una presencia histórica del abeto en el área de estudio. Lejos de ser el fruto de una plantación aislada, el abetal de Passavets es el testigo de una importante presencia primitiva de la especie en la zona.

Esta presencia pretérita se desarrollaba a partir de una distribución mucho más amplia que la actual en el área, extendiéndose en las diversas orientaciones del macizo y saltando así su confinamiento actual en la cara norte. La presencia de abeto en la solana del Turó de l'Home es un claro ejemplo de estas localizaciones orientadas al sur que nos hacen replantear el paradigma biogeográfico actual del abeto.

Sabemos que durante la edad del Bronce y el periodo romano el abeto había tenido esta extensión más amplia en el área y que fue durante estos periodos cuando sus poblaciones se vieron afectadas por el fuego. Cambios climáticos y una elevada actividad antrópica se entrelazan durante estos periodos para explicar los cambios de vegetación.

La segunda fase del proyecto pasa por la realización de fosas pedoantracológicas en altitudes más bajas y en diferentes orientaciones que permitan conocer si el abeto se ha localizado pretéritamente en áreas actualmente ocupadas por la vegetación de montaña media o los paisajes más mediterráneos del parque natural.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con la financiación del proyecto “*Los bosques del pasado como clave para comprender los bosques del futuro: dinámica histórica de los abetales en la vertiente sudoriental pirenaica (CSO2015-74008-JIN)*”, financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

6. REFERENCIAS

ALBA-SÁNCHEZ, F., LÓPEZ SÁEZ, J. A., BENITO DE PARDO, B. & LÓPEZ MERINO, L. 2009: “Historia paleoecológica y modelo de idoneidad de *Abies Alba* Mill. en la cordillera pirenaica”. *Pirineos*, 164:93-116

ALBA-SÁNCHEZ, F., LÓPEZ-SÁEZ, J.A., BENITO-DE PANDO, B., LINARES, J.C., NIETO-LUGILDE, D. & LÓPEZ-MERINO, L. 2010: “Past and Present Potential Distribution of the Iberian *Abies* Species: A phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution models”. *Diversity and Distributions*, 16(2):214-228.

BAL, M. C., RENDU, C., RUAS, M. P., & CAMPMAJO, P. 2010: “Paleosol charcoal: reconstructing vegetation history in relation to agro-pastoral activities since the Neolithic. A case study in the Eastern French Pyrenees”. *Journal of Archaeological Science*, 37(8):1785-1797.

BOADA, M. 2002: *Manifestacions del canvi ambiental global al Montseny*. Universitat Autònoma de Barcelona, Tesis doctoral.

BOADA, M. 2002: *El Montseny, cinquanta anys d'evolució dels paisatges*. Colección Cavall Bernat vol. 42. Publicación de l'Abadia de Montserrat, 279 p.

BOLÒS, O. 1983: *La vegetació del Montseny*. Diputació de Barcelona, Servei de Parcs Naturals.

BOLÓS, O., NUET, J. & PANAREDA, J.M. 1986: "Flora vascular del Montseny". En: Terrades, J., Miralles, J. (Eds.), *El Patrimoni biològic del Montseny. Catàlegs de flora i fauna*. Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona, 1:41-92.

CARCAILLET, C., & THINON, M. 1996: "Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary data". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91(1-4):399-416.

CUNILL, R., SORIANO, J.M., BAL, M.C., PÈLACHS, A & PÉREZ-OBÍOL, R. 2012: "Holocene Treeline Changes on the South Slope of the Pyrenees: A Pedoanthracological Analysis". *Vegetation History and Archaeobotany*, 21(4-5): 373-384.

CUNILL, R., MÉTAILLÉ, J. P., GALOP, D., POUBLANC, S. & DE MUNNIK, N. 2015: "Palaeoecological study of Pyrenean lowland fir forests: Exploring mid-late Holocene history of *Abies alba* in Montbrun (Ariège, France)". *Quaternary International*, 366:37-50.

CUNILL, R., SORIANO, J.M., PÈLACHS, A., NINYEROLA, M. & TURU, V. 2015: *Les avetoses andorranes. Una aproximació al seu origen des de la pedoantracologia*. Informe administrativo. Ajut de recerca de temàtica andorrana. Govern d'Andorra, 66 p.

ESTEBAN, A., OLIVER, J., CÒTS, P., PÈLACHS, A., MENDIZÁBAL, E., SORIANO, J.M., NASARRE, E. & MATAMALA, N. 2003: *La humanización de las altas cuencas de la Garona y las Nogueras (4500 aC-1955 dC)*. Servicio Nacional de Parques Nacionales, Madrid.

JALUT, G., GALOP, D., BELET, J.M., AUBERT, S., ESTEBAN, A., BOUCHETTE, A., DEDOUBAT, J.J.I. & FONTUGNE, M. 1998: "Histoire des forêts du versant nord des Pyrénées au cours des 30000 dernières années". *Journal de la Société Botanique Française* 5: 73-84.

LLOBET, S. 1947: *El medio y la vida en el Montseny: Estudio geográfico*. CSIC, IPE. Barcelona.

NUET, J., GONZÁLEZ, V. & GASULLA, M. 2014: "L'avetada de Passavets (Montseny), caracterització i relació amb les avetoses dels Pirineus Catalans". En: *VIII Monografies del Montseny*. Diputació de Barcelona, pp. 186-203.

PANAREDA, J.M. 1978: *L'estructura i el paisatge actual al Montseny: Els impactes humans sobre els sistemes naturals*. Tesis doctoral. Barcelona.

PANAREDA, J.M. 1995: *El Montseny, visió geogràfica*. Eumo Editorial. 175 p.

PANAREDA, J. M. 1996: "Cartografía de la vegetación y del uso del suelo del macizo del Montseny (Cordillera Prelitoral Catalana)". *Revista de geografía*, 30(1): 25-34.

PÈLACHS, A., PÉREZ-OBÍOL, R., NINYEROLA, M. & NADAL, J. 2009: "Landscape dynamics of *Abies* and *Fagus* in the southern Pyrenees during the last 2200 years as a result of anthropogenic impacts". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 156 (3-4): 337-349.

SALVÀ, M., PANAREDA, J. M. & NUET, J. 2007: “El análisis a gran escala y las nuevas tecnologías: una nueva interpretación geográfica del espacio para la gestión territorial”. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 8.

SERRA-DIAZ, J.M., NINYEROLA, M. & LLORET, F. 2012: “Coexistence of *Abies alba* (Mill.) – *Fagus sylvatica* (L.) and climate change impact in the Iberian Peninsula: A climatic-niche perspective approach”. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 207(1):10-18.

SCHWEINGRUBER, F.H. 1990: *Anatomy of European Wood: an Atlas for the Identification of European Trees, Shrubs and Dwarf Shrubs*. Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research, Berne.

TALON, B., CARCAILLET, C. & THINON, M. 1998: “Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les Alpes françaises”. *Géographie physique et Quaternaire*, 52 (2): 195.

TINNER, W., COLOMBAROLI, D., HEIRI, O., HENNE, P. D., STEINACHER, M., UNTENECKER, J. & VALSECCHI, V. 2013: “The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming”. *Ecological Monographs*, 83(4): 419-439.

VERNET, J.L., OGEREAU, P., FIGUEIRAL, I., MACHADO YANES & C., UZQUIANO, P. 2001: *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents, Sud-Ouest de l'Europe: France, Péninsule iberique et Iles Canaries*. CNRS, Paris.

METODOLOGÍA DE INVENTARIADO Y VALORACIÓN LANBIOEVA: SU APRENDIZAJE Y APLICACIÓN EN LA ASIGNATURA DE BIOGEOGRAFÍA Y LOS TRABAJOS DE FIN DE GRADO

María Cristina Díaz Sanz¹, Pedro José Lozano Valencia² y Raquel Varela Ona²

¹*Universidad de Castilla La Mancha*

²*Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea*

¹*tinadiazsanz@gmail.com*, ²*pedrojose.lozano@ehu.eus*, ²*rakel.varela@ehu.eus*

RESUMEN:

Esta comunicación se centra en el aprendizaje y la aplicación del método de valoración biogeográfica LANBIOEVA (Landscape Biogeographic Evaluation), por parte del alumnado de Geografía a través de la asignatura de Biogeografía y de los trabajos de fin de grado (TFG). La misma se configura como un recurso y herramienta robusta que permite inventariar, analizar, diagnosticar, valorar y realizar las propuestas necesarias para la correcta gestión de diferentes paisajes, unidades ambientales o ecosistemas a escala global. Además, la metodología puede capacitar al alumno o alumna para la realización de trabajos de carácter profesional, docente o de investigación en temas relacionados con la mencionada disciplina o con otras. Todo ello se organiza a partir de unos contenidos relacionados con las nociones básicas de ecología-biogeografía, así como las herramientas metodológicas necesarias para llevar a cabo estas labores.

Palabras clave: Biogeografía, LANBIOEVA, Geografía Física, Ordenación del Territorio, competencias, docencia.

ABSTRACT (Methodology of inventory and valuation Lanbioeva: its apprenticeship and application in the course of biogeography and degree project):

This communication focuses on the learning and application of the biogeographic assessment method LANBIOEVA (Landscape Biogeographic Evaluation), by the students of Geography within the subject of Biogeography and the degree project (TFG). It is configured as a resource and robust tool that allows

to inventory, analyze, diagnose, evaluate and make the necessary proposals for the correct management of different landscapes, environmental units or ecosystems on a global scale. In addition, the methodology can enable the student to carry out professional, teaching or research work on subjects related to the mentioned discipline or with others. All this is organized on the basis of contents related to the basic notions of ecology-biogeography as well as the methodological tools which are necessary to keep up with these tasks.

Keywords: Biogeography, LANBIOEVA, Physical Geography, Territorial Planning, skills, teaching.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos básicos de la Geografía y, como disciplina de la misma, de la Biogeografía, es generar los conocimientos, herramientas metodológicas y resultados necesarios que aporten a la sociedad, no sólo conocimiento, sino también aplicación de lo aprendido a los territorios y políticas de ordenación y gestión de los mismos. A través de la Biogeografía, una de las ramas básicas de la Geografía Física, se pretende alcanzar el conocimiento y comprensión de los principales procesos que rigen en el funcionamiento de la biosfera, así como de la distribución de los distintos biomas del Planeta y los factores explicativos de la misma. Además, se persigue que el estudiante alcance un dominio razonable del lenguaje propio de la materia, así como una concienciación de los principales problemas relacionados con el cambio global, comprendiendo que el patrón de distribución que los seres vivos presentan actualmente en la Tierra no se debe al azar, sino que se encuentra íntimamente ligado al resto de los factores del medio. De esta forma, además de una visión puramente corológica, hay que enseñar al alumnado a completar análisis pormenorizados que unan dichas distribuciones con la relación que los seres vivos mantienen con respecto a los ecosistemas donde quedan insertos, es decir, una visión ecológica y mesológica.

A través de su conocimiento y la metodología utilizada, se desarrollan competencias verticales: intelectuales, instrumentales, sistémicas, destrezas y habilidades y otras de carácter transversal, necesarias todas ellas en su formación integral y, cómo no, para el futuro profesional de la Geografía.

Esta comunicación se centra en el aprendizaje y la aplicación del método de valoración biogeográfica LANBIOEVA (Landscape Biogeographic Evaluation), por parte del alumnado de Geografía dentro de la asignatura de Biogeografía y los trabajos de fin de grado (TFG). La metodología puede capacitar al alumno o alumna para la realización de trabajos de carácter profesional, docente o de investigación en temas relacionados con la mencionada disciplina. Estos conocimientos adquiridos en el segundo año de carrera son de gran utilidad a la hora de abordar otras asignaturas y contenidos. Un ejemplo evidente es el de la asignatura cumbre de todo el grado: Ordenación del Territorio. Dentro de los contenidos del programa docente de esta materia, uno de los puntos básicos es la ordenación y gestión del medio físico. Es precisamente dentro de este epígrafe donde al alumnado, ya en 4º curso de grado, se le vuelven a presentar diferentes

métodos para el análisis, diagnóstico y evaluación de las distintas unidades o ecosistemas a ordenar (IRAMS, LANBIOEVA, etc.). Esto además, refuerza la trayectoria de este método puesto que, al recordarlo en 4º y dentro del primer cuatrimestre, ha sido elegido en 7 ocasiones para la realización de distintos TFG.

La impartición y desarrollo de todos estos contenidos y herramientas se desarrolla dentro de la asignatura de Biogeografía y en el 2º curso del grado.

La metodología LANBIOEVA se enmarca en un línea de docencia, investigación y gestión ecosistémica iniciada hace más de 25 años, que cuenta como objetivo principal el diseño y puesta a punto de propuestas metodológicas de inventariación y valoración biogeográfica de comunidades y paisajes bióticos. De hecho, se ha ensayado en diferentes ámbitos territoriales europeos: (península Ibérica, Balcanes, península Escandinava...) y centro-sudamericanos: (Nicaragua, Brasil, Región Mediterránea de Chile, Patagonia...) (Cadiñanos & Meaza, 1998a, 1998b, 2000; Cadiñanos et al., 2002a, 2002b; Meaza et al., 2006; Lozano et al., 2007, 2015; Lozano & Cadiñanos, 2009; Cadiñanos et al., 2011; Lozano, 2013; Sagastibeltza et al., 2014; Quintanilla y Lozano, 2016). En estos momentos también se está aplicando a diferentes paisajes del norte de África.

Además de esto, se ha utilizado tanto para evaluar la calidad y estado biogeográfico de diversos territorios no protegidos (Planes Generales de Ordenación Urbana, Planes de Acción del Paisaje, Planes Especiales, Planes regionales y subregionales de Ordenación Territorial), como para valorar aquellos que eran susceptibles de contar con alguna figura de protección (Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, Planes de uso y gestión, etc.). También se ha empleado y se está empleando en la actualidad, al menos en dos sectores (Joao Pessoa –Brasil- y Santiagomendilandarbaso –Comunidad Autónoma del País Vasco-) de cara a solicitar la aplicación de una figura de protección para varios ecosistemas y paisajes. Toda esta experiencia ha sido utilizada a modo de *feed back* tanto para ir mejorando los protocolos metodológicos, como, sobre todo, para ir enriqueciendo los contenidos a transmitir y enseñar al alumnado del grado de Geografía y Ordenación del Territorio. De hecho, en estos dos últimos trabajos antes reseñados, están tomando parte activa dos personas, alumnas del grado de Geografía que aprendieron el mismo dentro de la asignatura de Biogeografía y pudieron profundizar sus conocimientos a la hora de desarrollar su TFG o su Maestría de Master.

En esta comunicación se presenta, por tanto, una propuesta de trabajo para impartir los conocimientos necesarios, tanto teóricos como prácticos, así como las horas, pautas y demás cuestiones. Finalmente, se comentan las dificultades y los resultados de su puesta en práctica.

2. OBJETIVOS Y COMPETENCIAS

El objetivo general de la presente comunicación es realizar una descripción pormenorizada de todas las metodologías empleadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del método LANBIOEVA, prestándose especial atención a las competencias, cursos adecuados, modalidades docentes, resultados obtenidos hasta la fecha, propuestas de mejora, etc.

Junto a este objetivo general, a continuación, se relatan los objetivos operativos y específicos:

1. La integración de una visión que considere los múltiples atributos ambientales que conforman los paisajes a inventariar y valorar. Permitiendo la generación de protocolos de valoración biogeográfica que recojan diferentes aspectos como geología, geomorfología, hidrología, suelos, vegetación, fauna, usos del suelo, amenazas antrópicas, etc.

2. La obtención de valoraciones parciales que puedan ser tenidas en cuenta de forma sectorial atendiendo a los atributos o cuestiones que se consideren oportunos a la hora de planificar y gestionar los territorios y paisajes: valores naturales, culturales, mesológicos, amenazas, etc.

3. La creación de un modelo metodológico de inventariación y evaluación, lo más sencillo posible, para que pueda ser entendido-aprendido y, posteriormente, desarrollado y aplicado en espacios o paisajes. Haciendo al alumnado consciente de las posibilidades que esta herramienta metodológica le puede otorgar a la hora de insertarse en el mercado laboral.

4. Que el alumnado logre los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para poder llevar a cabo procesos de evaluación del paisaje a través de la aplicación de la metodología LANBIOEVA, y sea capaz, a partir de ellos, de organizar, analizar, diagnosticar y, en definitiva, evaluar la información adquirida y, a través de esta, los ecosistemas o paisajes a ordenar y gestionar, despertando el sentido crítico y analítico. Siendo además capaz de transmitir a terceros, con total corrección, toda esa información analizada.

3. METODOLOGÍA

El proceso docente que, a continuación, se describe, cuenta con la experiencia de 6 años dentro del grado de Geografía y Ordenación del Territorio, así como otros tantos dentro de la antigua licenciatura de Geografía.

En primer lugar, se hace una apuesta porque la Biogeografía, en particular y la Geografía, en general, no sólo se restrinjan a una serie de conocimientos teóricos o a la adquisición de saberes generales o enciclopédicos por parte del alumnado, sino que se vaya más allá y que el docente pueda transmitirle herramientas, metodologías, resultados y conclusiones de los trabajos que, tanto desde la academia, como desde la dedicación liberal al oficio, se estén poniendo en práctica en la actualidad. Ello, desde luego, le otorga más posibilidades, de cara a su futuro, para que encuentre una mayor oferta de empleo y una mejor cualificación profesional y técnica.

En segundo lugar, la asignatura de Biogeografía se encuentra, en la mayor parte de los grados relacionados con la Geografía pero, especialmente en el caso que nos ocupa: el grado de la Universidad del País Vasco/Euskal-Herriko Unibertsitatea, dentro de un módulo como es el de conocimientos generales de Geografía. Se sitúa, por tanto, al mismo nivel que el resto de disciplinas enmarcadas dentro de la Geografía Física: Geomorfología, Climatología, Edafogeografía, Hidrogeografía, etc. También existen otras materias relacionadas con la Geografía Humana: Geografía Rural, Geografía Urbana, Geografía Económica, etc. La situación de la

Biogeografía impartida en el segundo cuatrimestre de segundo y con 6 créditos, hace que los contenidos a abordar, explicar y comprender se vean mucho más reducidos que lo que ocurría con anteriores planes de estudios. Además, prácticamente no existen otras asignaturas (optativas u obligatorias) que puedan completar estos conocimientos.

Sin embargo, las potencialidades son enormes a la hora de poder integrar estos conocimientos y materias en asignaturas de carácter más transversal como las técnicas (Cartografías y SIG, por ejemplo) u otras como la que es el caso: Ordenación del Territorio. Esta última puede considerarse como la asignatura más importante del grado por distintas cuestiones: aglutina de forma global y transversal los conocimientos parciales y sectoriales adquiridos por el alumnado durante los tres primeros cursos; supone, a día de hoy, el mayor vector de empleo y desarrollo profesional de los egresados de la carrera o grado de Geografía; es impartida en un momento de madurez de conocimientos y desarrollo docente y discente y muestra una potencialidad clara a la hora de relacionar todos los factores y relaciones existentes dentro del territorio de cara a su correcta ordenación.

Por eso, dentro de la primera parte de los contenidos de la asignatura de Ordenación del Territorio, la que se refiere al análisis del medio físico, se vuelve, de forma teórica, a explicar y desarrollar diferentes métodos de valoración y evaluación ecosistémica como IRAMS y LANBIOEVA.

En cuanto a la asignatura de Biogeografía, hay que destacar que cuenta con tres modalidades docentes: clases magistrales, prácticas de aula y salida de campo. Y se reparte en 7 temas diferentes, siendo el tema 5, fitogeografía aplicada, donde se dan a conocer las diferentes metodologías de valoración. Se le explica al alumnado, dentro de este quinto tema, en primer lugar y de forma teórica, varias metodologías generales para obtener los datos necesarios de la vegetación y el paisaje. Así, durante una sesión (2 horas) se les introduce en el inventario biogeográfico cualitativo o modificado y actualizado a partir del fitosociológico pero también, en una segunda sesión (2 horas), en el inventario biogeográfico cuantitativo adaptado por Cámara (2013) a la realidad de la península Ibérica. A su vez y, en un momento posterior, se les explica durante dos sesiones (4 horas) y de forma teórica, el método de valoración LANBIOEVA. Para ello se les explican cada uno de los criterios y la forma de medirlos o valorarlos. Todo ello se refuerza con una salida de campo (6 horas) a una ZEC (Zona de Especial Conservación), en concreto, uno de los bosques isla de la Llanada Alavesa (Bosque de Argandona) donde se ponen en marcha los dos tipos de inventarios explicados por el profesor. A continuación, se dividen en grupos y realizan un inventario de cada una de las dos tipologías referidas, todo ello con el apoyo del profesor. Con posterioridad y, por grupos, deben valorar el bosque o parcela inventariada teniendo en cuenta la metodología LANBIOEVA. Para la evaluación, por parte del alumnado, de la mayor o menor aceptación de los contenidos, tanto teóricos, a partir de clases magistrales, como prácticos, a partir de la salida de campo, se le pasa al alumnado una encuesta de valoración simple de manera que valora del 1 al 10 cada uno de los temas teóricos, así como cada una de las prácticas.

El método de valoración pretende ofrecer una metodología versátil y resultados estándares fáciles de entender, aprender, aplicar e interpretar de cara a una correcta

y jerárquica gestión de los paisajes vegetales. Descansa en dos conceptos: Interés de Conservación (INCON) y Prioridad de Conservación (PRICON) que constituyen eslabones diferenciados pero estrechamente ligados del sistema operativo.

El primero, a su vez, descansa en el interés natural, el estructural y el cultural. Dentro del natural, se pueden distinguir los siguientes: Interés Natural Global (INNAT), Interés Territorial (INTER) y el Interés Mesológico (INMES). Dentro del INNAT existen los siguientes tres subcriterios:

Interés Fitocenótico (INFIT): Los criterios fitocenóticos estiman caracteres intrínsecos de la vegetación y del paisaje tales como la diversidad, naturalidad, madurez y regenerabilidad espontánea. Como consecuencia, la unidad valorada puede obtener un INFIT que puede variar entre 5 y 50 puntos siguiendo la siguiente fórmula: $INFIT = DIV (1 \text{ a } 10) + NAT (1 \text{ a } 10) + MAD (2 \text{ a } 20) + REG (1 \text{ a } 10)$. Estos criterios son explicados de forma teórica en el primer tema de la asignatura (4 horas). De esta manera, ponen en práctica y deben valorar según cuestiones como diversidad específica, biodiversidad, grado de naturalidad/taxones introducidos o autóctonos, madurez, etc. teniendo en cuenta el concepto de sucesión vegetal y resiliencia, ahondando, una vez más, en la anterior cuestión.

Interés Territorial (INTER): Los criterios territoriales son bifactoriales, se aplican tanto a nivel de especie como de agrupación, y consideran los atributos de rareza, endemismo, relictismo y carácter finícola, tanto de los taxones presentes como de la propia formación o unidad de paisaje. Consecuencia de ello, la unidad valorada puede obtener un INTER que puede variar entre 0 y 50 puntos siguiendo la siguiente fórmula: $INTER = RAR (0 \text{ a } 20) + END (0 \text{ a } 10) + REL (0 \text{ a } 10) + FIN (0 \text{ a } 10)$. Así, una vez más, se valora de forma práctica lo aprendido en el tema 3 (2 horas) con respecto a las áreas de dispersión de los seres vivos: áreas continuas *versus* dispersas, áreas endémicas, finícolas, relictas, etc.

Interés Mesológico (INMES): Los criterios mesológicos evalúan la contribución de la vegetación a la protección, equilibrio y estabilidad de la biocenosis, el hábitat y el geo-biotopo en el que radica. Se proponen 5 parámetros, correspondientes a las funciones geomorfológica, climática, hidrológica, edáfica y faunística. La unidad valorada obtiene un INMES que puede variar entre 6 y 60 puntos, $INMES = GEO (2 \text{ a } 20) + CLIM (1 \text{ a } 10) + HIDR (1 \text{ a } 10) + EDAF (1 \text{ a } 10) + FAU (1 \text{ a } 10)$. Así pues, se valoran de forma práctica los contenidos que han visto en relación con el tema 4 (14 horas) dedicado a la ecología y mesología.

La suma de estos tres criterios da lugar al denominado Interés Natural Global (INNAT) y, por tanto, puede ser utilizado como un criterio de naturaleza puramente ambiental. En cualquier caso, dicho parámetro puede oscilar entre 11 y 110 puntos: $INNAT = INFIT (5 \text{ a } 50) + INTER (0 \text{ a } 50) + INMES (6 \text{ a } 60)$.

El Interés Natural Estructural (INNATFOR): A los valores naturales se le suman parámetros relacionados con la cobertura de los diferentes estratos del bosque (COBEST), la diversidad específica dentro de cada estrato (RIQUEST), la superficie continua de la unidad estudiada (FORESP) o la diversidad de microhábitats (FORHAB cuestiones que fueron vistas de antemano.)

Valoración del Interés Cultural (INCUL): Los criterios de carácter cultural han sido obviados o infrautilizados en la mayor parte de las propuestas valorativas debido, básicamente, al reduccionismo naturalístico. Sin embargo, concitan una

atención cada día mayor en la sensibilidad y políticas conservacionistas. El INCUL se calcula teniendo en cuenta, a su vez, otros tres valores diferentes:

Valor Etnobotánico (FORETNO): Este criterio trata de evaluar los aspectos etnoculturales (históricos, arqueológicos, religiosos, mitológicos, simbólicos, recreativos, medicinales...) de las plantas, la vegetación y el paisaje que, en su caso, pueden contribuir a hacerlas acreedoras de conservación: vestigios, estructuras y microtopografías relictuales de prácticas forestales (morfología de fustes y ramaje; muros, lezones, setos, caballones y cárcavas de contención o de separación de parcelas; carboneras...), agroganaderas o preindustriales (ferrerías, molinos, aceñas, batanes...) configuradoras de paisajes vegetales peculiares. Se recomienda adjudicar 1 punto por cada elemento considerado de alto valor etnobotánico, respetando siempre la escala de 1 a 10 puntos. El FORETNO es multiplicado por un factor de corrección de 2 puesto que cuenta con mayor importancia que los otros tres, de manera que puede fluctuar entre 0 y 20.

Valor Perceptual (PER): Es un parámetro que trata de valorar la relación perceptiva (escénica, estética, incluso vivencial) del hombre con respecto a la vegetación. Para su correcta evaluación, lo ideal es contar con encuestas objetivas de preferencias, gustos, querencias y afinidades. El PER fluctúa entre 1 y 10 puntos (Cadiñanos & Meaza, 1998a). En este caso, organizados en grupos, cada uno desarrolla encuestas de preferencias a una población de entre 15 y 20 personas cercanas. Esta labor y pequeña práctica es muy valorada por el alumnado puesto que aprende técnicas instrumentales sociales de gran relevancia, en este caso, encuestas con pares de fotos.

Valor Didáctico (DID): Este criterio trata de aquilatar el interés pedagógico y didáctico del paisaje en sus aspectos naturales y culturales y en la educación y concienciación ambiental de la población en general, dando el valor 1 a aquellas unidades que cuenten con un valor didáctico muy bajo hasta el 10 a aquellas que obtengan uno de muy alta estima. De esta forma el DID puede fluctuar entre 1 y 10. La cuestión queda dirimida con la entrevista a 2 ó 3 agentes cualificados, tanto técnica como docentemente. Son los alumnos los que, a partir de un simple cuestionario de 6 cuestiones, preguntan a los agentes sobre la calidad para enseñar o aprender que muestra cada paisaje o unidad analizada y valorada.

Con todo, el Interés Cultural (INCUL) deriva de la suma de las calificaciones adjudicadas a los 3 criterios valorativos que lo integran: $INCUL = ETNO (2 \text{ a } 20) + PER (1 \text{ a } 10) + DID (1 \text{ a } 10)$. Y oscila entre 4 y 40 puntos.

El interés de conservación de una determinada agrupación vegetal o paisaje (INCONTFOR) resulta de sumar a la puntuación de INNATFOR (11 a 160) la calificación obtenida por INCUL (4 a 40), con lo que el rango de INCON oscila entre 15 y 200 puntos.

La Prioridad de conservación (PRICON). Como se puede apreciar en los siguientes párrafos, es solidaria pero, al tiempo, sustancialmente diferente a la de INCON (interés de conservación), ya que incluye consideraciones ajenas, extrínsecas, a este último. Su resultado ha de ser asumido de manera independiente y no debe ser confundido con él. El grado de amenaza que pesa sobre las unidades de vegetación o paisajes concernidos en el proceso evaluativo se calibra en función de tres parámetros: presión demográfica, accesibilidad-transitabilidad y amenaza

alternativa. Todas estas cuestiones son tratadas en el tema 7 (4 horas) relacionado con la biogeografía histórica. Así, cuestiones como la transformación antrópica del paisaje, las amenazas e impactos y los riesgos añadidos son puestos en práctica a la hora de evaluar el propio paisaje.

El Coeficiente de Presión Demográfica (DEM): introduce la variable demográfica humana en el sistema valorativo. En su virtud, se priman o penalizan situaciones de alta o baja densidad de población, con mayor o menor peligro, respectivamente, de alteración de la vegetación y el paisaje. Los datos de densidad deben de buscarlos teniendo en cuenta las fuentes del INE (Instituto Nacional de Estadística) y el EUSTAT (Instituto Vasco de Estadística).

El Coeficiente de Accesibilidad-Transitabilidad (ACT) es un parámetro de atención inexcusable a la hora de establecer el nivel de amenaza al que se encuentra expuesta la unidad de paisaje, puesto que la presencia e impronta del ser humano está condicionada por la topografía del terreno, la densidad, tamaño, estado de conservación y grado de penetración de la red viaria y por la estructura más o menos abierta de la unidad valorada; en su caso, también por las limitaciones impuestas por los propietarios o administradores del terreno o por normativa legal dictada por la Administración. La escala propuesta tiene en cuenta la accesibilidad y la transitabilidad y la combinación de las dos variables va generando puntuaciones que varían desde el 1 hasta 10.

Coeficiente de Amenaza Alternativa (ALT): se incluyen y calibran bajo este concepto factores alternativos de amenaza que, eventualmente, puedan afectar a la unidad de vegetación o el paisaje objeto de evaluación de manera grave, real y coetánea al ejercicio valorativo -o a muy corto plazo-: catástrofes naturales (inundaciones) o provocadas (vertidos tóxicos o contaminantes), daños palpables por lluvia ácida, eutrofización, plagas u otras causas de mortalidad excesiva, invasión de plantas xenófilas agresivas, talas masivas, acondicionamiento para infraestructuras, construcciones, tendidos eléctricos, depósitos, dragados, actividades extractivas, etc. La escala propuesta varía desde el 1 para la amenaza alternativa muy baja hasta el 10 para aquella que es muy alta.

Así, una vez obtenidos los tres coeficientes se obtiene el Factor Global de Amenaza (AM) sumando los valores de los coeficientes demográfico (DEM=1-10), de accesibilidad-transitabilidad (ACT=1-10) y de amenaza alternativa (ALT=1-10), con lo que el resultado de AM oscila entre 3 y 30 puntos.

La prioridad de conservación (PRICON) de una determinada agrupación vegetal o paisaje se determina multiplicando su valor de INCON (88 a 200) por el coeficiente AM (3 a 30) que le corresponda, con lo que el rango de PRICON oscila entre 264 y 6000 puntos.

Finalmente, cada grupo debe valorar cada uno de los parámetros y dar los resultados parciales y el valor final o PRICON de la parcela inventariada.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados no pueden ser más positivos a día de hoy. Después de más de 10 años impartiendo la asignatura y explicando, de forma teórica (clases magistrales)

y práctica (salida de campo), la metodología LANBIOEVA, ésta es uno de los elementos de la docencia mejor valorado dentro de las encuestas que la universidad pasa al final del cuatrimestre al alumnado. La valoración es 4,4 sobre 5. Por si eso fuera poco, el profesor pasa al alumnado, al final de la impartición de la asignatura, una encuesta para que valoren, en una escala del 1 al 10, cada uno de los temas y prácticas realizadas. En los últimos años, el tema 5 donde se les explica el método de forma teórica, ha recibido una nota media de 8,1 puntos.

Por su parte, la puesta en práctica de las metodologías de inventariación y valoración a través de fichas previamente diseñadas, cuenta con una gran aceptación y vuelve a ser valorada con un 4,8 sobre 5 en la encuesta de la UPV/EHU, mientras que la parte de la salida que se refiere a la aplicación del inventario y la valoración biogeográfica LANBIOEVA recibe un 8,55 en la encuesta pasada por el profesorado.

No obstante, hay que reseñar que el alumnado, hasta cierto punto, es reticente a salir al campo. Esta cuestión se detecta en los comentarios añadidos a la encuesta que pasa el profesor. Mientras al inicio del curso piensan que la salida no les va a aportar nada y se configura como una actividad que inspira cierto grado de pereza, al final y una vez se ha realizado, esta práctica es la segunda más valorada por detrás de la realización de transectos zoogeográficos que recibe una nota media de 9,1 puntos. A partir de la práctica de valoración con la metodología LANBIOEVA el alumnado debe preparar un trabajo colectivo, realizado por grupos, cuya nota media nunca ha descendido de 7.

Por otra parte, la metodología no se olvida puesto que en 4º curso y dentro de la asignatura de Ordenación del Territorio, la misma vuelve a explicarse y a ponerse en valor dentro del segundo tema: Ordenación del Medio Físico. Al respecto, la valoración del alumnado de éste es de 7,75 sobre 10. Hay que recordar, no obstante, que dentro de este tema existen otra serie de contenidos teóricos y prácticos.

Por si todo ello fuera poco, a día de hoy se han presentado 7 trabajos de fin de grado o fin de licenciatura, aplicando esta metodología en diferentes ecosistemas o paisajes de un territorio que elige el/la estudiante por proximidad, gusto o atracción. La nota media de estos 7 trabajos ha sido de un 8,25 sobre 10, lo cual demuestra que el trabajo docente y discente sostenido, durante los cursos 2º y 4º, da lugar a excelentes resultados dentro de los TFG.

Además de ello, en la actualidad el método se está aplicando a las dehesas y el monte mediterráneo dentro de la provincia de Ciudad Real en torno a una tesis doctoral. Se prevé que para el próximo año la tesis sea presentada. Esta tesis ha dado lugar, a día de hoy, a tres comunicaciones y otros dos artículos en revistas de alto impacto.

También se han realizado dos prácticas externas (año 2015 y 2017) donde se han puesto en marcha tanto las metodologías de inventariación como las de valoración. En un caso para la zona de Urbasa (Navarra) y otro en Santiagomendi-Landarbaso (Astigarraga -Gipuzkoa-). En el primer caso la práctica se desarrolló en colaboración con el Gobierno Foral de Navarra mientras que en el segundo se hizo con la empresa KRIPTA S.L. dentro de un proceso para la valoración del mencionado espacio de cara a su inclusión dentro de la Red de Espacios Protegidos de la CAPV.

Por su parte, en un ejercicio de internacionalización docente/discente del método, su aplicación en países como Chile o Brasil ha dado lugar a varios trabajos

de maestría (3), (trabajos de fin de carrera o máster). Especialmente reseñable es el caso de Brasil donde la tesis de maestría ha dado lugar a la protección de un espacio de mata atlántica dentro del municipio de Joao Pessoa.

La metodología LANBIOEVA presenta una gran aplicabilidad y una fácil comprensión por parte del alumnado. No obstante, al reunir diferentes criterios, relativamente complejos y extensos, es necesario reforzar previamente estos conocimientos con la explicación teórica de los mismos a partir de todos los temas de la asignatura de Biogeografía. De otra manera y sin este apoyo previo sería impensable que el alumnado de 2º pudiera acercarse y comprender este método, en su globalidad, de manera satisfactoria.

Todas estas cuestiones han sido trabajadas y mejoradas en los últimos 10 años a partir de la impartición de los contenidos dentro de la asignatura de Biogeografía (2º curso), los contenidos dentro del tema relativo a la ordenación del Medio Físico perteneciente a la asignatura de Ordenación del Territorio (4º curso), la realización de 7 TFG, así como el desarrollo de dos prácticas externas y tres trabajos de maestría en Chile y Brasil.

5. BIBLIOGRAFÍA

CADIÑANOS, J.A. & MEAZA, G. 1998 a. *Bases para una Biogeografía aplicada. Criterios y sistemas de valoración de la vegetación*. Logroño, Geoforma ediciones.

CADIÑANOS, J.A. & MEAZA, G. 1998 b. "Nueva propuesta metodológica de valoración del interés y de la prioridad de conservación de la vegetación". Mauleon, *Actas del Colloque International de Botanique Pyreneo-Cantabrique*.

CADIÑANOS, J.A., MEAZA, G. & LOZANO, P.J. 2002 a. "Valoración del interés y de la prioridad de conservación de bosques y comunidades preforestales de Larra (Alto Pirineo Navarro)", La Gomera, *La Biogeografía: ciencia geográfica y ciencia biológica. Actas del II Congreso Español de Biogeografía*.

CADIÑANOS, J.A., DIAZ, E., IBISATE, A., LOZANO, P., MEAZA, G., PERALTA, J., OLLERO, A. & HORMAETXEA, O. 2002 b. "Aplicación de una metodología de valoración de la vegetación a riberas fluviales: ensayo en el río Butrón (Bizkaia)". Zaragoza, *Aportaciones geográficas en memoria del Prof. L. Miguel Yetano Ruiz*, 65-88.

CADIÑANOS, J.A., LOZANO, P.J. & QUINTANILLA, V. 2011. "Propuesta de marco integrado para la valoración biogeográfica de los espacios Red Natura 2000 de la Comunidad Autónoma del País Vasco. El ejemplo de Gárate-Santa Bárbara (Guipuzcoa)". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 57: 33-56.

CAMARA, R. 2013. "Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (MIFC) (II): estudio de los sabinars de la Reserva Biológica de Doñana (RBD) (España)". *Estudios Geográficos*, 74: 25-39.

LOZANO, P.J., CADIÑANOS, J.A., LONGARES, L.A., CID, M.A. & DÍAZ, C. 2007. "Valoración Biogeográfica de los tipos de bosque en la combe de Huidobro (Parque Natural de las Hoces del Ebro-Burgos)". Ávila, *Actas del 4º Congreso Español de Biogeografía* 19.

LOZANO, P.J. & CADIÑANOS, J.A. 2009. "Propuesta de marco metodológico

integrado para la valoración de Espacios de la Red Natura 2000 de la Comunidad Autónoma del País Vasco. El ejemplo de Gárate-Santa Bárbara (País Vasco)". Málaga, *Biogeografía Scientia Biodiversitatis*: 199-206.

LOZANO P.J., CADIÑANOS, J.A., LATASA, I. & MEAZA, G. 2013. "Caracterización y valoración biogeográfica de los pinares de *Pinus uncinata* del karst de Larra (Alto Pirineo Navarro) para su ordenación y gestión". *Geographicalia*, 63-64: 95-120.

LOZANO P.J., CADIÑANOS, J.A., LATASA, I., QUINTANILLA, V. & MEAZA, G. 2015. "Caracterización, valoración y evaluación de los paisajes vegetales de Chile Mediterráneo". *Boletín de la AGE*, 67, 83-103.

MEAZA, G. (Dir.-Coord.) 2000. *Metodología y Práctica de la Biogeografía*. Barcelona, Ediciones del Serbal.

MEAZA, G., CADIÑANOS, J.A. & LOZANO, P.J. 2006. "Valoración biogeográfica de los bosques de la reserva de la biosfera de Urdaibai (Vizcaya)", Urdaibai, *Actas del III Congreso Español de Biogeografía*: 399-411.

QUINTANILLA, V.G. & LOZANO, P.J. 2016. "Valoración biogeográfica del bosque mediterráneo esclerófilo con palmeras (*Jubaea chilensis* Mol. Baillon) en la Cuenca del Quiteño, Chile a partir de la aplicación del método de valoración LANBIOEVA". *Pirineos*, 171: 1-16.

SAGASTIBELTZA, E., LOZANO P.J. & HERRERO, X. 2014. "Nafarroako Bortzirietako baso-landaredien paisaien inbentariazioa, karakterizazioa eta balorazio biogeografikoa". *Lurralde*, 37: 97-133.

INTERRELACIONES ENTRE LA ARQUEOLOGÍA Y LOS ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS PARA EL ESTUDIO DEL PAISAJE EN EL SURESTE DE CIUDAD REAL

Ana Cristina Esquinas Rodrigo¹ y Juan Manuel Martínez Labarga²

¹*Doctoranda de la Escuela internacional de Doctorado, UNED*

²*Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid.*

¹ *ac.esquinasrodrigo@libero.it*, ² *juanmanuel.martinez@upm.es*

RESUMEN:

El presente estudio analiza el contexto biogeográfico en las vías pecuarias y vías de comunicación tradicionales, en concreto en el Camino Real de Andalucía y en la Cañada Real de los Serranos examinadas entre los términos municipales de Villanueva de la Fuente y Puebla del Príncipe, en el Campo de Montiel (Ciudad Real). En estas vías históricas se ha estudiado la flora y se ha tenido en cuenta la disposición de los diferentes yacimientos arqueológicos localizados en su proximidad. El resultado ha demostrado que estos caminos han sido considerados tradicionalmente como corredores de comunicación que han aprovechado los accidentes geográficos para la transitabilidad territorial y han favorecido la dispersión de diferentes elementos naturales y culturales.

Palabras clave: Arqueología, Biogeografía, vías de comunicación, trashumancia, Campo de Montiel.

ABSTRACT (Interrelations between archeology and biogeographic aspects for the study of the landscape in the southeast of Ciudad Real):

The present study analyzes the biogeographical context in the traditional livestock trails and communication routes, specifically in the Camino Real de Andalucía and the Cañada Real de los Serranos, examined between the municipalities of Villanueva de la Fuente and Puebla del Príncipe, in the Campo of Montiel (Ciudad Real). In these historical roads, the flora has been studied and the disposition of the different archaeological sites located in its vicinity has been considered. The result has shown that these routes have traditionally been considered as corridors of

communication that have taken advantage of geographical accidents for territorial mobility and have favored the dispersion of different natural and cultural elements.

Keywords: Words, Archaeology, Biogeography, routes of communication, transhumance, Campo de Montiel.

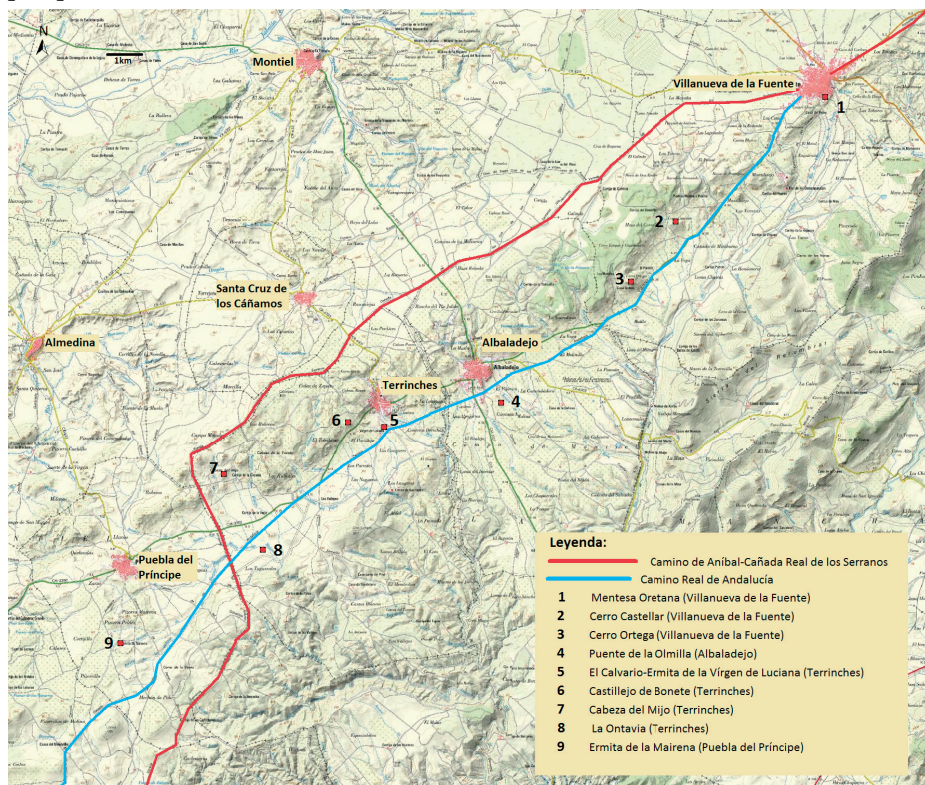
1. INTRODUCCIÓN

Los objetivos principales del presente estudio se orientan en el análisis y reconstrucción del paisaje histórico en torno a la Cañada de los Serranos y al Camino Real de Andalucía entre las localidades de Villanueva de la Fuente y Puebla del Príncipe, mediante la combinación de dos puntos de vista: en primer lugar, se han reconocido los usos y los recursos del Camino Real de Andalucía y de la Cañada Real de los Serranos desde la trashumancia, para ello se ha estudiado la contribución de la documentación histórica y de la arqueología en relación con este paisaje cultural y en segundo lugar, se ha identificado la distribución de las diferentes comunidades vegetales a lo largo de estas vías de comunicación, para identificar los diferentes elementos naturales y su interrelación con los espacios arqueológicos.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se ha realizado en la provincia de Ciudad Real, en la comarca del Campo de Montiel, en los términos municipales de Villanueva de la Fuente, Albaladejo, Terrinches, Montiel, Puebla del Príncipe y Villamanrique. Los municipios elegidos para el estudio tienen gran relevancia geográfica e histórica. La confluencia de las Sierras Béticas mediante las sierras de Segura y de Alcaraz y las últimas estribaciones orientales de Sierra Morena con la sierra del Relumbrar, como principal hito, propician un pasillo entre estas unidades geológicas de notable trascendencia que ha servido como corredor biológico. Es un hecho que estos municipios han tenido un papel geográfico imprescindible en los corredores de comunicación entre la meseta, Andalucía y el Levante peninsular. La importancia histórica está constatada por la ocupación humana desde la Prehistoria, por su auge durante la época romana y por su valor estratégico durante la Edad Media, con motivo de la conquista de estos territorios por parte de cristianos y musulmanes. También se trata de un territorio valioso para la transitabilidad y trashumancia. A partir del siglo XIII, el Real Concejo de la Mesta tuvo en este territorio un fuerte impacto que se manifiesta por la presencia de cañadas importantes provenientes de la Serranía de Cuenca con dirección a Andalucía. En nuestro caso, para el estudio arqueológico de detalle y florístico, se ha tenido en cuenta el recorrido de la Cañada Real de los Serranos en cuyo interior se han documentado tramos de una vía romana considerada como el “Camino de Aníbal” o la “Vía de los Vasos de Vicarello” (Benítez de Lugo et al., 2012).

Mapa 1. Ubicación de los principales yacimientos arqueológicos y las vías prospectadas



Elaboración propia. Fuente Iberpix, 2017

2.1. CAÑADA REAL DE LOS SERRANOS

Identificada claramente en la cartografía. Penetra en el área estudiada, en el límite provincial con Albacete, por el este en Villanueva de la Fuente (“Mentesa Oretana”) en un trazado casi coincidente con la carretera regional CM-320, una vez superada la localidad discurre hacia el oeste por la bisectriz entre la carretera local CR-6311 a Montiel y la carretera provincial CM-3202 a Villamanrique. Pasados 3 Km. desde Villanueva cambia de dirección hacia el suroeste y discurre entre los límites municipales de Montiel, Albaladejo y Terrinches. Después de 17 km en la misma dirección, realiza un giro de casi 90° hacia el sur-sureste para continuar por un estrecho pasillo perteneciente al municipio de Montiel, entre los límites de Puebla del Príncipe y de Terrinches. Hasta este punto la cañada atraviesa el páramo calizo-arcilloso de Montiel, que discurre a una cota media algo superior a los 1000 m. y siempre cercano y paralelo al borde del páramo. El paisaje vegetal está dominado por mosaicos de carrascal, con tomillar calizo e incluso dehesas con encina y quejigo; en las cuestas próximas prosperan los olivares que han tomado

relevancia en los últimos lustros. Este giro propicia un cambio de paisaje y el descenso a la cuenca del Guadalquivir; en un primer tramo los terrenos calizos son sustituidos por las arcillas y las lutitas que dan reacción ácida, en este caso el paisaje vegetal se caracteriza por los pastizales con restos de retamar y a cultivos de secano en la vega hacia Terrinches de cereal, viña, almendro y olivo. Tras atravesar 5 Km. el trazado vuelve a girar nuevamente hacia el suroeste una vez superado el arroyo de las Higueras a menos de 860 m. Este punto supone la inmersión del camino en Sierra Morena. A partir de aquí la litología cambia y se encuentran las pizarras y cuarcitas. La vegetación cambia radicalmente y nos encontramos con encinares y sus etapas de sustitución, jarales, cantuesares y gran variedad de comunidades de pastizal oligótrofo. Muy significativos son los berciales con *Celtica gigantea* (Link) F.M. Vázquez & Barkworth. En este tramo el recorrido linda con varios latifundios dedicados a la actividad cinegética en los confines entre Montiel y Puebla del Príncipe hasta que alcanza el extremo sur de este último municipio en las proximidades del cortijo de los Carboneros. Una vez en el municipio de Villamanrique el recorrido discurre por alrededor de 14 Km. más o menos con la misma dirección y sigue atravesando las comarcas de Sierra Morena entre collados, lomas y colinas para adaptarse al valle del río Dañador. Esta cañada en algunos puntos se solapa con la calzada romana que unía *Gadir* con Roma, la cual en el tramo que nos ocupa, está identificada claramente entre Lezuza (*Libisosa*) y Terrinches. Puede haber confusión con la denominación de la cañada, en la cartografía se denomina también Cañada Real de Andalucía (MAPAMA, 2017) y Vereda de los Serranos (Iberpix, 2017).

2.2. CAMINO REAL DE ANDALUCÍA

El Camino Real de Andalucía, se encuentra mal identificado en la cartografía (Iberpix, 2017), al menos se reconoce en los términos municipales de Albaladejo, Puebla del Príncipe y Terrinches. En el término de Villamanrique, se desdibuja y podría ser su prolongación el denominado “Camino Real de la Puebla”. El trazado reconocible discurre, desde el p.K. 24 de la carretera CM-3202 de Albaladejo a Villanueva de la Fuente, con dirección E-NE hacia el W-SW, por el valle que se forma entre el páramo de Villanueva-Terrinches y la Sierra del Relumbrar a una cota media algo superior a 850 metros. Este valle está surcado por varios arroyos transversales, así el trazado atraviesa el arroyo de Montalbán y los tributarios al arroyo de la Fuente de la Bola, hasta pasar a menos de 200 m al sur del pueblo de Albaladejo. Una vez atravesada la carretera CM-3127 alcanza el término de Terrinches después de cruzar las vertientes al barranco de la Hoz de Terrinches en el cordel de Montiel que es un pequeño pasillo de este último municipio con uso usurpado por el cultivo de olivo al de vía pecuaria. Ya en Terrinches el camino prosigue en la misma dirección hasta acercarse a menos de un centenar de metros de la ermita de la patrona de la localidad, Nuestra Sra. de Luciana. En este punto, en el yacimiento llamado “El Calvario”, se han localizado los restos de una *villa* romana. Después de recorrer más de 9 km entre secanos, olivares y pastos, el camino vuelve a enlazar con la misma carretera CM-3202 entre los p.K 13 y 14. Aquí se adapta a la carretera y la sigue en un tramo próximo al kilómetro para volver a separarse definitivamente de ella, siempre manteniendo la misma cota media

y dirección, para adentrarse en el valle ensanchado entre Puebla del Príncipe y Terrinches. Pasados 2,5 km y después de cruzar el arroyo Mairena que delimita las ruinas romanas de la Ontavía, el camino vuelve a atravesar un pequeño pasillo del municipio de Montiel, en esta ocasión se trata de la Cañada Real de los Serranos, descrita anteriormente. Este tramo está ocupado por pastizales y campos de secano, el olivar aquí no prospera bien en el fondo del valle, probablemente por los fríos de las inversiones térmicas. A partir de aquí el camino asciende y se encaja en el valle del arroyo de las Huertas y posteriormente por el del arroyo de las Dehesas para llegar al término municipal de Puebla del Príncipe en el collado que se encuentra al SE del cerro Zahora a unos 930 m. El paisaje vegetal de este tramo empieza con barbechos, secanos y pastizales y termina dominado por el monte bajo de jaral con escasas carrascas de poco desarrollo debido a la naturaleza geológica de Era Paleozoica del terreno de pizarras.

3. METODOLOGÍA EMPLEADA

Se ha pretendido estudiar las evidencias arqueológicas constatadas en el territorio, desde una perspectiva biogeográfica, junto al paisaje vegetal y flora. Para la visión arqueológica, se ha analizado la documentación histórica (Corchado, 1971) y la cartografía histórica digitalizada disponible (IGN Cartografía, 2017). Para la visión espacial del territorio y sus recursos, se han consultado los diferentes visores del M.A.P.A.M.A. que han ofrecido importante información relativa a la agricultura, biodiversidad e hidrología. La consulta de la cartografía disponible en los visores del Instituto Geográfico Nacional, (Iberpix, 2017) y la Fototeca digital (IGN Fototeca, 2017) han permitido trazar el recorrido de las vías pecuarias y los caminos históricos, en especial la Cañada de los Serranos y el Camino Real de Andalucía. También se han identificado los recorridos de las cañadas y las veredas según los aspectos legislativos. Por un lado, la Ley 9/2003 de 20-03-2003, de Vías Pecuarias de Castilla-La Mancha, por otro lado, se ha revisado la cartografía disponible online en el portal del gobierno de España según la Ley 3/1995, de 23 de marzo de Vías Pecuarias (Agencia Estatal B.O.E., 1995, 2003; MAPAMA, 2017). Sobre los análisis de las fuentes históricas y sobre los aspectos antropológicos y palinológicos efectuados en el área de estudio, se ha tenido en cuenta la bibliografía relativa a los yacimientos arqueológicos documentados en las inmediaciones, bajo la perspectiva de la “transitabilidad”. A lo largo del Camino Real de Andalucía se han identificado los siguientes yacimientos: Mentesa Oretana, Cerro Castellar, Cerro Ortega, Puente de la Olmilla, Ntra. Sra. de Luciana (Terrinches), La Ontavía (Terrinches) y el entorno de la ermita de Ntra. Sra. de Mairena (Puebla del Príncipe). Con respecto a la Cañada Real de los Serranos, se destaca la documentada vía romana que desde Viveros atraviesa Mentesa Oretana, desciende por Cabeza del Mijo y continúa hacia las inmediaciones de la ermita de Ntra. Sra. de Mairena (Puebla del Príncipe) con dirección a la Venta de los Santos (Benítez de Lugo et al., 2012). Además, se han consultado las cartas arqueológicas depositadas en la Consejería de Educación Cultura y Deportes de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, de los municipios de Villanueva de la Fuente, Albaladejo, Terrinches, Montiel y

Puebla del Príncipe, con el objetivo de constatar las evidencias documentadas en las inmediaciones de las vías.

Tras el estudio de gabinete se ha efectuado una supervisión *in situ* de la vegetación y flora a lo largo de las vías y en las áreas consideradas de interés arqueológico situadas en las inmediaciones.

4. YACIMIENTOS DOCUMENTADOS EN LOS MUNICIPIOS ESTUDIADOS

4.1. VILLANUEVA DE LA FUENTE

En el centro urbano de Villanueva de la Fuente, se ha conservado un importante yacimiento considerado como “Mentesa Oretana”. Se considera que Mentesa, se localizaba en una encrucijada de vías de entre las cuales se destaca la vía de los Vasos de Vicarello (Benítez de Lugo, 2003). Como breve descripción de aspectos biogeográficos se ha tenido en cuenta la reconstrucción paleoambiental aplicada al Municipio de Villanueva de la Fuente (Garcés, 2000). Los asentamientos humanos durante el Paleolítico tuvieron preferencia por emplazamientos estacionales en terrazas fluviales, a fin de controlar el curso del río Villanueva. En el Calcolítico con uso continuado durante la Edad Bronce, destacan los Cerros Castellar y Ortega (Barrio & Baquedano, 2000). Estos yacimientos se sitúan a los pies del páramo, se tratan de dos cerros muy redondeados por la erosión de fuertes pendientes con una altura media de 984 m para el Cerro Ortega y de 961 para el Cerro Castellar. Existen en sus pendientes aterrazamientos practicados para el cultivo del olivar que han propiciado la creación de torrenteras con fuerte erosión actual en sus laderas. El material de sílex y otras materias primas documentados presentan una excelente calidad, de procedencia probablemente foránea que demuestra la capacidad de intercambio de mediana y larga distancia. De los análisis obtenidos tras un estudio antropológico de las evidencias humanas, estos individuos presentaban un tipo de alimentación agrícola vegetariano con un aporte de proteínas de animal medio (Gil et al., 1999). Los yacimientos ibéricos más importantes documentados en Villanueva de la Fuente son los localizados en el centro urbano en el vial del Callejón del Aire, Los Toriles y en torno al río Villanueva. Los orígenes de Mentesa Oretana han sido debatidos por diferentes estudiosos (Benítez de Lugo, 2003), considerado como un *oppidum* establecido en las proximidades del Camino de Aníbal. Se ha demostrado su importancia en época romana con notables evidencias estructurales y una cultura material excepcional, con fragmentos de *terra sigillata* de origen diverso (Zarzalejos, 2003) que pudieron acceder a través de estas vías. También, se han documentado tres posibles *mutatio*s de época romana distanciadas entre sí entre 6-7 km, localizadas en: “Cerro Nevado” (El Galindo), en la “Carretera de Montiel” y “La Ventica” ó “Fuente de la Toba”.

4.2. ALBALADEJO

En la vega de esta localidad, en las proximidades del Camino Real de Andalucía, se observa el paraje de la Olmilla. Este paraje, considerado como espacio ventilado idóneo para las labores agrícolas, alberga la *villa* romana de Puente de la Olmilla.

Se trata de una residencia rural de época romana con materiales cerámicos datados en el siglo I d.C. que ha sido objeto de reformas constructivas de carácter parietal y musivo cuyo esplendor se remonta al siglo IV d.C. En las proximidades también está constatada una necrópolis localizada en el paraje de las Cañadillas. En un estudio sobre los usos y disfrute del agua en esta *villa*, se ha considerado la posibilidad de que fuera surtida a partir de las aguas provenientes del Arroyo de la Bola y que probablemente el régimen de lluvias fuera más alto en aquella época (García Bueno, 2011). Otras evidencias de época romana y medieval han sido documentadas en el Puente de Carramolón emplazado en el entorno inmediato del pueblo (García Bueno, 2014).

4.3. TERRINCHES

Destacan establecimientos paleolíticos estacionales en torno a las vías fluviales, los cuales se encuentran más concentrados en el amplio corredor de la zona sur. El yacimiento más relevante es las Terrazas del Arroyo Soriano. Para la Edad del Bronce se han identificado numerosos yacimientos, generalmente localizados en altura, próximos a los cursos de agua, cuyos habitantes se dedicaban a la agricultura, caza y pastoreo. Los poblados en altura se encuentran enlazados con otros asentamientos situados en torno a la vega y próximos a pequeños manantiales. De entre los asentamientos de altura destaca la necrópolis de Juan Gómez, afectada por la cantera que se encuentra en la Cañada de los Serranos, un contexto de suelos pobres de carácter arcilloso y calizo, destinado para caza y pastoreo. Cabeza del Mijo-Robresos son dos poblados en altura, de aproximadamente 1000 m que presentan estructuras defensivas, apreciables en superficie. El yacimiento más destacado es Castillejo de Bonete un excepcional monumento funerario que alberga inhumaciones de individuos del período Calcolítico y Edad del Bronce. La presencia de un fragmento de concha de un molusco marino de la familia *Collumbellidae*, de marfiles, variscitas y personas enterradas en este lugar que se alimentaron con proteína marina, ponen de manifiesto la gran movilidad de ciertos productos e individuos durante la Prehistoria Reciente. En Castillejo de Bonete se han identificado varios grupos faunísticos, la mayoría de micromamíferos presentes en la actualidad en el entorno. Las preferencias ecológicas de las especies documentadas indican que el hábitat estaba constituido por un paisaje boscoso con alternancia de zonas abiertas secas y húmedas (Dominguez et al., 2017). Del estudio realizado sobre los carbones, la madera más utilizada es la de encina/coscoja (*Quercus ilex/coccifera*, 71,2%), junto a esta, con porcentajes muy inferiores, se ha identificado madera de enebro/sabina (*Juniperus* sp., 14,4%) (Benítez de Lugo et al., 2015). Castillejo de Bonete se asienta sobre materiales carbonatados jurásicos (dolomías del Lías) con interés hidrogeológico y se encuentra circundado por un total de nueve surgencias de manantiales con caudales muy reducidos. Todos los manantiales identificados entre Castillejo del Bonete y Albaladejo representan la descarga natural de este pequeño sector del acuífero jurásico de Campo de Montiel (con una anchura de unos 3 km), que drena hacia la cuenca del Guadalquivir y aunque está constatada una fuerte sequía en la transición del Calcolítico a la Edad del Bronce (Evento Climático 4,2 ka BP), se ha descartado este monumento para actividades de extracción hídricas (Benítez de Lugo et al., 2014).

La época romana en Terrinches es importante, se muestra un panorama rico y complejo, articulado en torno a la Vía Augusta o Camino de Aníbal. Se han documentado numerosas localizaciones con establecimientos de carácter rural de diferente rango. Destacamos los yacimientos: “El Sumidero”, bastante extenso, situado al norte del Camino Real de Andalucía; “El Calvario” que sería una *villa* de época romana que conserva un pavimento musivo de notable interés y evidencias estructurales de cronología romana y “La Ontavía”, un yacimiento de especial rango e importancia, que presenta unas termas de destacadas dimensiones y una necrópolis altomedieval con inhumaciones (Benítez de Lugo, 2015). El Camino Real y la Cañada de los Serranos a su paso por Terrinches son dos caminos activos ya desde época romana. La Cañada Real de los Serranos discurre en las zonas altas de la paramera con tramos empedrados. El Camino Real en cambio discurre por la zona de la vega. El uso de ambos ha sido en función de las estaciones (secas o húmedas) que favorecerían la transitabilidad de estas vías.

Los análisis de isótopos estables del carbono y del nitrógeno sobre colágeno óseo son los más usados en la reconstrucción de las dietas del pasado, al menos se obtiene información del tipo de proteína alimentaria consumida durante los últimos años de vida del individuo. A partir de los restos humanos obtenidos de tres excavaciones arqueológicas localizadas en Terrinches: Castillejo de Bonete, La Ontavía y El Calvario, se ha obtenido como resultado unos valores compatibles con una dieta basada en recursos de un ecosistema de plantas C3 en el cual la mayor parte del aporte proteico parece derivar del consumo de carne. De los diferentes individuos estudiados en estos yacimientos, se han evidenciado dos enterrados en Castillejo de Bonete que han demostrado una variable que denotaría una dieta proteica de origen marino que podría ser motivada por un origen geográfico diferente. A su vez, de los individuos estudiados en la Ontavía, se ha notado la dispersión de los valores, tanto de nitrógeno como de carbono, que manifiesta una disparidad en las proporciones de los distintos alimentos ingeridos, justificado en un consumo dispar de proteínas de carne o leguminosas en la misma población, además de la presencia en la dieta de cantidades muy pequeñas de recursos C4, (Salazar-García et al., 2013). Como deducción, en la Ontavía se aprecian actualmente *Amaranthaceas* y en concreto acelgas “*Beta cf maritima* L.”, que presentan metabolismo C4.

4.4. PUEBLA DEL PRÍNCIPE

En la Prehistoria, se ha documentado un Paleolítico Medio en las pizarras del Pizorro Mairena. Los asentamientos se disponen con el mismo patrón repetido en la comarca, fondos de valle y terrazas idóneas para el control del territorio y de los pasos naturales de comunicación que unen la Alta Andalucía, la meseta y el Levante Español. Estas elevaciones se articulan en torno al Camino de Aníbal, ya activo desde la Prehistoria. En la Edad del Bronce destacan yacimientos próximos a las vías: Los Pollos, El Chaparro, Pizorro de Villamanrique, Calar de la Puebla y la terraza de la Mairena; en estos casos, en cotas medias y con defensas naturales en las paredes de la roca. Para la edad del Hierro se consideran: Venta de los Ojuelos I, Los Villares y el centro urbano de Puebla del Príncipe. En época romana destaca una *mansio* “La Mariana” (Roldán, 1975), considerada para algunos investigadores

en las inmediaciones de la ermita de Ntra. Sra. de Mairena, que constituye la unión de varias rutas y para otros en la Venta de los Ojuelos. En el término de Puebla del Príncipe, hay dos vías que se cruzan, la XXIX del Itinerario de Antonino que une Mérida con Zaragoza, que atravesaría por el centro del pueblo y que luego discurriría hacia Almedina-Puente de Triviño-Villanueva de los Infantes-Carrizosa y Alhambra, y la vía de los Vasos de Vicarello que une Andalucía con Levante y que enlazaría a Terrinches y Villanueva de la Fuente (Mentesa Oretana).

5. RESULTADOS DEL ESTUDIO BOTÁNICO EN LA CAÑADA DE LOS SERRANOS Y EL CAMINO REAL DE ANDALUCÍA

El estudio botánico efectuado en los trazados ha permitido realizar cerca de medio centenar de inventarios de flora y vegetación. Destaca el componente que añade el pastoreo y dominan los pastizales. Se comprueba una vez más la “paradoja pastoral”, es decir, que la biodiversidad vegetal aumenta una vez cesado el pastoreo. A nivel florístico se ha mostrado la presencia de algunas especies que no son típicas de esta comarca y que fuera de estos corredores desaparecen. Hay muchos ejemplos, de entre los muchos posibles hemos seleccionado los siguientes:

Cynara baetica (Spreng.) Pau - Esta alcachofa tiene en la península Ibérica una distribución en Andalucía: Cádiz, Málaga, Córdoba, Granada y Jaén, y en varias localidades de Albacete, Ciudad Real y Tarragona. La confirmación en Ciudad Real en varios puntos de estas vías confirmaría su posible uso desde antiguo como recurso alimentario.

Glycyrrhiza glabra L. - El regaliz es muy raro en la provincia de Ciudad Real, lo hemos localizado entre Terrinches y Puebla del Príncipe, en la Cañada Real de los Serranos, además de en varios puntos cerca de Alhambra. Parece evidente que haya sido usado desde antiguo por sus propiedades.

Satureja intricata Lange - La ajedrea es escasa en Ciudad Real, se ha localizado en la Cañada Real de los Serranos entre Albaladejo y Terrinches. Sin duda la trashumancia ha tenido que ver en la diseminación de esta especie desde áreas más septentrionales del Sistema Ibérico.

6. CONCLUSIONES

Estas vías se remontan a la Prehistoria, se trata de lugares frecuentados desde las poblaciones nómadas y han sido paso natural obligado que ha conectado y vertebrado el territorio. A lo largo de los tiempos este espacio ha favorecido el intercambio de productos e influencias culturales. Se ha comprobado que las cañadas tenían recorridos reticulares de manera que mediante trazados transversales se podían interconectar fácilmente. Es llamativo cómo los cauces de los barrancos vertientes de los ríos Guadalmena, Villanueva y Dañador han sido usados como cañadas, sin duda eran los únicos caminos transitables para poder atravesar Sierra Morena; su recorrido permite identificar un pasado ganadero intenso. Los trazados actuales han sido el resultado de muchos siglos de tránsito por los seres vivos desde tiempos inmemoriales, aprovechando los accidentes geográficos disponibles.

Esto implica que el territorio estudiado se comporta como un auténtico corredor ecológico (Europarc-España, 2009: 13, 43).

7. REFERENCIAS

AGENCIA ESTATAL BOE, GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA Y DE LAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES (1995): Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1995-7241>. Consulta 15 de septiembre de 2017.

AGENCIA ESTATAL BOE, GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA Y DE LAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES (2003): Ley 9/2003, de 20 de marzo, de Vías Pecuarias de Castilla-La Mancha. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-11048>. Consulta 9 de agosto de 2017.

BARRIO, C. & MAQUEDANO, B. 2000: “La necrópolis Calcolítica de Cerro Ortega (Villanueva de la Fuente)” en Benítez de Lugo L. (coord): *El Patrimonio Arqueológico de Ciudad Real. Métodos de trabajo y actuaciones recientes*. Universidad de Educación a Distancia. Valdepeñas. Ciudad Real, pp.67-86.

BENÍTEZ DE LUGO, L. (coord.) 2003: *Mentesa Oretana 1998-2002*. Anthropos S.L., Valdepeñas. 290 p.

BENÍTEZ DE LUGO, L. 2015: *El patrimonio de Terrinches, Ciudad Real, historia, arte y naturaleza*, Anthropos S.L., Valdepeñas. 160 p.

BENÍTEZ DE LUGO, L., ÁLVAREZ GARCÍA, H.J., FERNÁNDEZ MONTORO, J.L., MATA RUJILLO, E., MORALEDA SIERRA, J., SÁNCHEZ SÁNCHEZ, J. & RODRÍGUEZ MORALES, J. 2012: “Excavaciones en la Vía de los Vasos de Vicarello A Gades Romam, entre las estaciones de Mariana y Mentesa (Puebla del Príncipe, Villanueva de la Fuente, Ciudad Real”. *Archivo Español de Arqueología*, 85: 101-108.

BENÍTEZ DE LUGO, L., MEJÍAS, M., LÓPEZ, J., ÁLVAREZ, H.J., PALOMARES, N., MATA, E. MORALEDA, J., MENCHÉN, G., FERNÁNDEZ, S. SALAZAR, D.C., ODRIÓZOLA, C., BENITO, M. & LÓPEZ, J.A. 2014: “Aportaciones hidrogeológicas al estudio arqueológico de los orígenes del Bronce de La Mancha: la cueva monumentalizada de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real-España)”. *Trabajos de Prehistoria*, 71 (1): 76-94.

BENÍTEZ DE LUGO, L., PALOMARES, N., ÁLVAREZ, H.J., BARROSO, R., BENITO, M., BLAIN, H.A., BUENO, P., DE BALBÍN, R., FERNÁNDEZ, S., LÓPEZ SÁEZ, J.A., GALINDO, M.A., GARRIDO, M.D., LAPLANA, C., MATA, E., MENCHÉN, G., MONTERO, I., MORALEDA, J., MORGADO, A., ODRIÓZOLA, C., POLO, E., RUIZ, M., SEVILLA, P. SCHUHMACHER, T.X. & SALAZAR, D.C. 2015: “Paleoecología y cultura material en el complejo tumular prehistórico de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real)”. *Menga, Revista de Prehistoria de Andalucía*, 6: 112-140.

CORCHADO SORIANO, M. 1971: *Avance de un estudio geográfico - histórico del Campo de Montiel*. Instituto de Estudios Manchegos, 201 p.

DOMINGUEZ A.C., LAPLANA C., SEVILLA P., BLAIN, H.A., PALOMARES N. & BENÍTEZ DE LUGO L. 2017: “Los micromamíferos de Castillejo de

Bonete (Holoceno reciente, Terrinches, Ciudad Real)". 33 *Jornadas de Paleontología*. Comunicaciones, Cádiz. Sociedad Española de Paleontología, pp. 49-51.

EUROPARC-ESPAÑA (eds.). 2009: *Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos*. Madrid, Fungobe, 86 p.

GARCÉS, A. M. 2000: "Reconstrucción paleoambiental: Un encuadre metodológico aplicado al Municipio de Villanueva de la Fuente" en Benítez de Lugo L. (coord): *El Patrimonio Arqueológico de Ciudad Real. Métodos de trabajo y actuaciones recientes*. UNED. Valdepeñas. Ciudad Real, pp.381-410.

GARCÍA BUENO, C. 2011: "Uso y disfrute del agua en la villa romana de Puente Olmilla (Albaladejo, Ciudad Real). El aprovechamiento hídrico en el Mundo Romano". *Espacio Tiempo y Forma*, Serie II, Historia Antigua, 24: 491-514.

GARCÍA BUENO, C. 2014: *La Romanización de Ciudad Real*, Tesis doctoral, Madrid, Departamento de Historia Antigua, Universidad Complutense de Madrid, 1614 p.

GIL, P., FEUCHT, M., NEGRE, M.C., POLO, M. & VILLALAIN, J 1999: "Estudio Antropológico, Paleopatológico, Paleoestomatológico y de elementos traza de los restos óseos del yacimiento de Villanueva de la Fuente (Ciudad Real)". *II Congr s del Neolítico a la Pen sula Ibérica*. SAGVNTVM-PLAV, U. D de Medicina Legal. Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Valencia, pp. 379-385.

IBERPIX 4 (2017): *Visor geográfico*. <http://www.ign.es/iberpix2/visor/> Consultas en septiembre de 2017.

IGN CARTOGRAFÍA. CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE FOMENTO (2017): *Fondos cartográficos del instituto geográfico nacional España*, S. XVI-XIX <http://www.ign.es/fondoscartograficos/>. Consulta 16 de septiembre de 2017.

IGN FOTOTECA. CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE FOMENTO (2017): *Fototeca digital*. <https://fototeca.cnig.es/>. Consulta 16 de septiembre de 2017.

MAPAMA (2017): *Vías pecuarias, Información cartográfica por provincias, Ciudad Real*. http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/vias_pecuarias_descargas.aspx. Consulta 15 de septiembre de 2017.

ROLDÁN, J. M. 1975: *Itineraria Hispana. Fuentes antiguas para el estudio de las vías romanas en la Pen sula Ibérica*. Departamento de Historia Antigua de Valladolid y Granada. 279 p.

SALAZAR-GARCÍA, D.C., BENÍTEZ DE LUGO, L., ÁLVAREZ, H.J. & BENITO, M. 2013 "Estudio diacrónico de la dieta de los pobladores antiguos de Terrinches (Ciudad Real) a partir del análisis de isótopos estables sobre restos óseos humanos". *Revista Española de Antropología Física*, 34: 6-14.

ZARZALEJOS, M. (2003): "La terra sigillata de Mentesa Oretana (Villanueva de la Fuente, Ciudad Real). Campañas de 1998 a 2000" en Benítez de Lugo L. (coord.): *Mentesa Oretana 1998-2002*. Anthropos S.L., Valdepeñas. Ciudad Real, pp.107-144.

EL USO DE IMÁGENES ÁREAS DIGITALES DE ALTA RESOLUCIÓN Y ACCESO LIBRE PARA DESCUBRIR FLAMENCOS Y SUS HUELLAS EN LAGUNAS MANCHEGAS

Rafael Ubaldo Gosálvez Rey¹, Ángel Velasco García², Álvaro Sánchez Sánchez¹, Máximo Florín Beltrán³ y José Antonio Gil-Delgado Alberti⁴

¹*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, UCLM*

²*Departamento de Ciencias Ambientales, UCLM*

³*Sección de Humedales, Centro Regional de Estudios del Agua, UCLM*

⁴*Institut Cavanilles de Biodiversitat y Biologia Evolutiva, Universitat de València*

¹*rafaelu.gosalvez@uclm.es*, ²*angel.vgarcia@uclm.es*, ¹*alvaro19893@gmail.com*

³*maximo.florin@uclm.es*, ⁴*gild@uv.es*

RESUMEN:

Este trabajo explora la posibilidad de usar imágenes aéreas de alta resolución en el estudio del flamenco común. La interpretación de este tipo de imágenes es una herramienta clásica en el estudio de la vegetación, siendo escaso su empleo en el análisis de la fauna de un territorio. Esto es debido a que la fotointerpretación requiere de imágenes de gran resolución, hasta hace poco no disponibles. En este trabajo se analiza inicialmente las posibilidades de esta fuente de información mediante interpretación visual, dejando para un trabajo posterior la aplicación de técnicas de análisis digital. Queda demostrada la utilidad de las imágenes aéreas de alta resolución para identificar la presencia de flamencos en una laguna y para describir el uso y los efectos que los flamencos hacen de la misma.

Palabras clave: Ciudad Real, Flamenco común, Fotografía aérea, Fotointerpretación, Laguna

ABSTRACT (Use of free access high definition imagery to discover flamingos and their “footprints” in La Mancha’s shallow lakes):

This paper explores the possibility of using high resolution aerial images in the study of greater flamingo. The interpretation of this type of images is a classic tool in the study of vegetation, being scarce its use in the analysis of the fauna of a territory. This is because photo interpretation requires high resolution images, until

recently not available. In this paper, the possibilities of this source of information are analyzed initially through visual interpretation, leaving for later survey the application of digital analysis techniques. The usefulness of high resolution aerial images to identify the presence of flamingos in a shallow lake and to describe the use and effects that flamingos make of it is demonstrated

Keywords: Aerial photography, Ciudad Real, Greater flamingo, Photo interpretation, Shallow lake

1. INTRODUCCIÓN

La interpretación de imágenes aéreas verticales es una herramienta clásica en el ámbito de la biogeografía, siendo usada con profusión sobre todo en el estudio de la vegetación (Panareda, 2000; Chuvieco, 2010). Sin embargo, el uso de esta herramienta para el estudio de la fauna de un territorio ha sido escaso hasta fechas recientes (Gilmer et al., 1988; Woodworth et al., 1997; De Leeuw et al., 2002; Descamps et al., 2011; Sirmacek et al., 2012), ya que su fotointerpretación requiere de imágenes de alta resolución espacial, muy costosas hasta hace pocas fechas, o de medios aéreos de difícil acceso (aviones o helicópteros). Además, dado el pequeño tamaño que suelen presentar los componentes faunísticos de un territorio, el uso de imágenes aéreas ha quedado restringida generalmente a los vertebrados de mayor talla (Descamps et al., 2011; Terletzky, 2013).

En la actualidad, el amplio desarrollo de aplicaciones informáticas con base espacial está popularizando el acceso a este tipo de material, incluso de manera gratuita. Por otra parte, la aparición de nuevas tecnologías como los drones está permitiendo que cualquier persona pueda adquirir este tipo de imágenes con un coste muy bajo, lo que va a suponer una revolución en los próximos años (Prieto et al., 2014; Vas 2015).

El uso de imágenes aéreas para localizar y estimar poblaciones de aves y mamíferos de gran tamaño no es nuevo (Carneggie et al., 1980; Noyes et al., 2000; Jachmann, 2002; Laliberete & Ripple, 2003; Yang et al., 2014). En el caso del flamenco común *Phoenicopterus roseus*, objeto de estudio en este trabajo, al menos desde la década de 1960 se han desarrollado diversas técnicas para contabilizar su número a partir de imágenes tomadas desde plataformas aéreas (Grzimek & Grzimek, 1960; Woodworth et al., 1997), consistiendo la mayoría de ellas en técnicas de fotointerpretación visual supervisadas bajo criterio experto (Descamps et al., 2011; Terletzky & Ramsey, 2016). En España la experiencia en el uso de fotografías aéreas la lidera el Parque Nacional de Doñana que lleva varias décadas realizando censos desde avionetas y con fotografías aéreas verticales (Román & Vilà, 2014). También hay que reseñar el uso reciente de drones para contabilizar flamencos en la laguna de Fuente de Piedra (Málaga) (Luque, 2015).

En este trabajo se explora inicialmente las posibilidades de la fotografía aérea de alta resolución y acceso libre mediante interpretación visual, dejando para un trabajo posterior la aplicación de técnicas de análisis digital. Aquí se explora si es posible identificar y contabilizar la población de flamencos de una laguna y

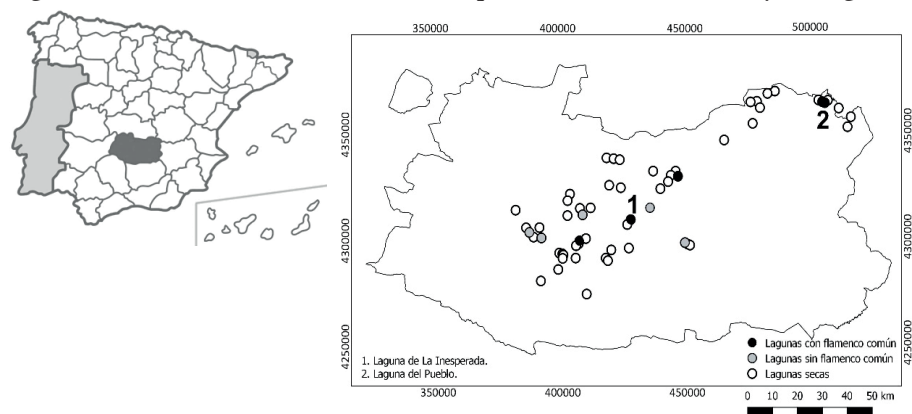
se aborda una descripción del uso que los flamencos hacen de la misma y de los posibles efectos que puede tener ese uso en la propia laguna.

2. MÉTODO

Una primera decisión metodológica adoptada ha sido el empleo de imágenes aéreas de alta resolución de acceso libre, utilizándose las imágenes proporcionadas por *Google Earth pro* en su versión 7.3.0.3832 (32 bits). Las imágenes aéreas proporcionadas por este programa permiten trabajar en escalas de gran detalle, empleando aquí hasta una escala de 1:3.63, aunque se podría trabajar incluso con más detalle, hasta escala 1:1.81, sin que se pixele la imagen.

Una segunda decisión ha sido determinar el territorio de estudio, trabajándose en distintos ámbitos geográficos en función de cada objetivo perseguido en el trabajo y de condicionantes temporales de las imágenes de acceso libre. Así, para determinar la presencia/ausencia de flamencos se ha trabajado en el ámbito de toda la provincia de Ciudad Real, revisándose un total de 66 lagunas (Figura 1), debiendo tener la precaución de que no todas son de la misma fecha. Para realizar el conteo de todos los individuos presentes en una laguna, conocer su comportamiento en el espacio y los posibles efectos, se ha decidido trabajar solo con las lagunas de La Inesperada o del Prado (Pozuelo de Calatrava) y la laguna del Pueblo (Pedro Muñoz).

Figura 1. Ámbito territorial de estudio: la provincia de Ciudad Real y sus lagunas.



La primera laguna se localiza en la unidad natural del Campo de Calatrava, tratándose de una laguna de origen hidromagmático y aguas hasta mesosalinas, de tipo iónico clorurado sulfatado-magnésico sódico (Cirujano & Medina, 2002; Gosálvez, 2011). La laguna del Pueblo, por su parte, se sitúa en la unidad natural de la Llanura manchega, siendo una laguna cuya génesis se vincula a la presencia de un pliegue sinclinal y una barrera topográfica (superficie de erosión) y cuyas aguas son hasta hiposalinas y de tipo iónico sulfatado clorurado-magnésico cálcico (Peinado, 2000; Cirujano & Medina, 2002).

Un elemento necesariamente a tener en cuenta es el ámbito temporal de las imágenes disponibles en *Google Earth pro*. La gratuidad en el acceso impide disponer de fotografías de la misma fecha, aunque las imágenes disponibles para las lagunas incluidas son de los años 2014 a 2016. Las imágenes de la laguna de La Inesperada son del 28 de mayo de 2015, mientras que en el caso de la laguna del Pueblo la fecha de toma es del 4 de agosto de 2016. A los efectos de este trabajo no nos afecta este desajuste temporal que puede ser subsanado fácilmente en el futuro mediante el acceso a imágenes de pago o con el empleo de drones.

Una vez obtenidas las imágenes de *Google Earth*, se ha procedido a su estudio mediante interpretación visual aplicándose los criterios al uso para este tipo de análisis (Chuvieco, 2010). En este contexto, hay que tener en cuenta las características cromáticas y morfológicas de los flamencos comunes, tratándose de aves de color blanco a rosado y de gran talla, alrededor de 80-150 cm desde el pico hasta la cola y con un peso de entre 2,7 y 3,2 kg. Teniendo en cuenta estas características, los flamencos son visualmente reconocibles en imágenes aéreas de alta resolución, presentándose como un objeto espacial, puntual o elíptico, de tono claro, que suele contrastar nítidamente sobre el fondo predominantemente oscuro de las aguas de las lagunas que habitan (Descamps et al., 2008; Tertelzky & Ramsey, 2016). El flamenco común presenta, por lo tanto, una firma espectral que permite determinar su presencia en una laguna (Sasamal et al. 2008).

Hay que señalar que recientemente Terletzky & Ramsey (2016) han demostrado la eficiencia de la interpretación manual de imágenes aéreas en conteo de animales frente a técnicas de análisis y clasificación digital. Estos autores demuestran que la fotointerpretación manual por un observador humano, frente a las otras técnicas de automatización digitales, presenta una mejor probabilidad de detección global y minimiza los problemas de sobrestimar o subestimar la presencia de animales. Los intérpretes visuales, independientemente de los conocimientos o de la experiencia previa, discriminan mejor a la hora de distinguir entre animales y no animales y tuvieron menos falsos positivos y negativos (errores por sobrestimación o por subestimación) que la clasificación digital, por lo que los beneficios de la automatización deben sopesarse. Esto se atribuye a que los intérpretes manuales son capaces de integrar mejor la información multidimensional contenida en la fotografía aérea (características espectrales, espaciales, morfológicas y contextuales) que los sistemas de clasificación automatizada (Terletzky & Ramsey, 2016).

En cuanto al uso espacial de las lagunas y los efectos que este uso puede tener en la conservación del propio sistema lagunar, se ha de indicar que se han buscado en la fotografía aérea indicios en los sedimentos de la cubeta lagunar sobre los patrones de actividad de esta especie (Kahl, 1975; Johnson & Cézilly, 2007; Kumssa & Bekele, 2014). Estos indicios son cambios texturales y de color en el fondo de la cubeta y presencia de rastros de huellas (caminos o *track*) y anillos de alimentación (*flamingo feeding ring*; siguiendo a Lee & Mayorga-Dusarrat, 2016).

3. RESULTADOS

La aplicación *Google Earth pro* proporciona imágenes aéreas de alta resolución para las lagunas de la provincia de Ciudad Real, siendo los flamencos claramente

identificables en las imágenes proporcionadas por esta plataforma digital (Figura 2). De un total de 64 lagunas analizadas (Figura 1), 5 se encontraban con agua pero sin flamencos (lagunas de La Carrizosa, La Celadilla, La Dehesa, La Posadilla y Salobral), en 5 se pudo determinar la presencia de flamencos (lagunas de Caracuel, La Inesperada, Navaseca, Pueblo y Veguilla) (Figura 2) y, finalmente, las otras 54 lagunas se encontraban secas (Figura 1).

Figura 2. Elementos puntuales de color blanco compatibles con la firma digital del flamenco común.

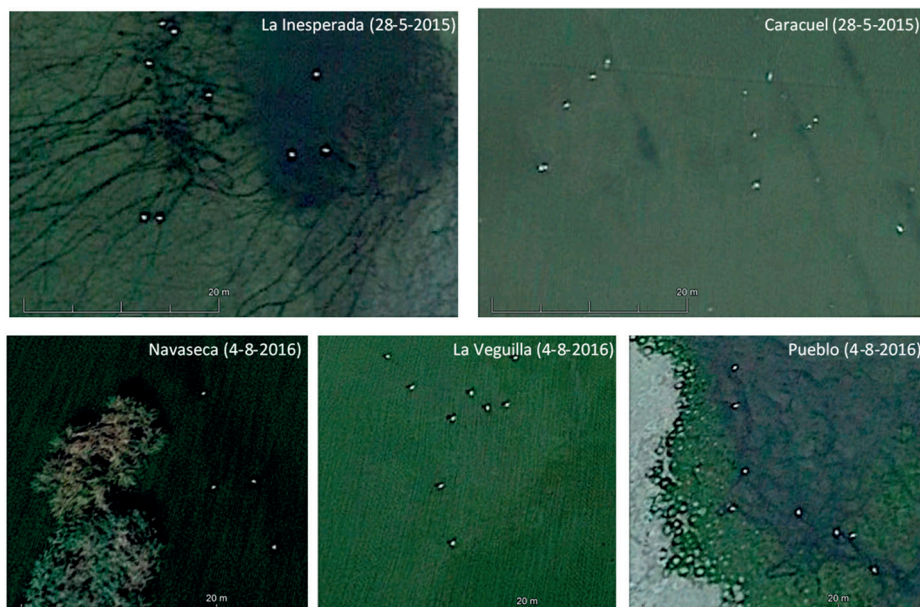
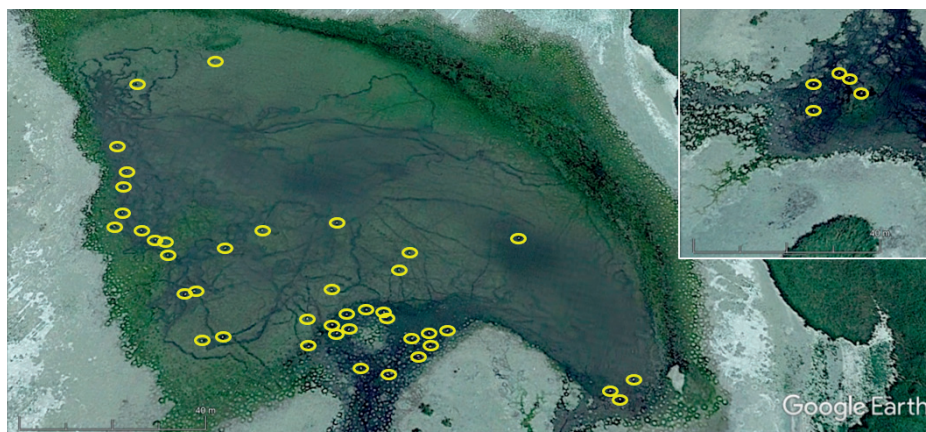


Imagen: *Google Earth pro*, 2017.

En el caso de las lagunas de La Inesperada y del Pueblo, se ha llevado a cabo el conteo manual de los individuos reconocidos en la fotografía aérea, ascendiendo en el caso de la laguna de la Inesperada a 126 flamencos y en la del Pueblo a 46 individuos (Figura 3), cifras que son similares a censos de campo realizados en esas mismas fechas por los propios autores.

Los flamencos comunes en ambas lagunas presentan una distribución agregada o dispersa (Figuras 2 y 3), que se puede deber a condicionantes ambientales de la propia cubeta lagunar tales como la profundidad de la lámina de agua, la cercanía/lejanía a las orillas y a la proximidad a puntos de vertidos de aguas residuales o pluviales. Esta distribución en el espacio también puede responder al comportamiento de búsqueda de recursos alimenticios en las lagunas, observándose zonas preferentes de alimentación y caminos preferenciales que conectan esas zonas y que se pueden deber a pautas alimenticias de marcha (Hulbert, 1982; Johnson, 1983; Johnson & Cézilly, 2007) (Figura 4).

Figura 3. Identificación de flamencos en la laguna del Pueblo (Pedro Muñoz, 4 de agosto de 2016).

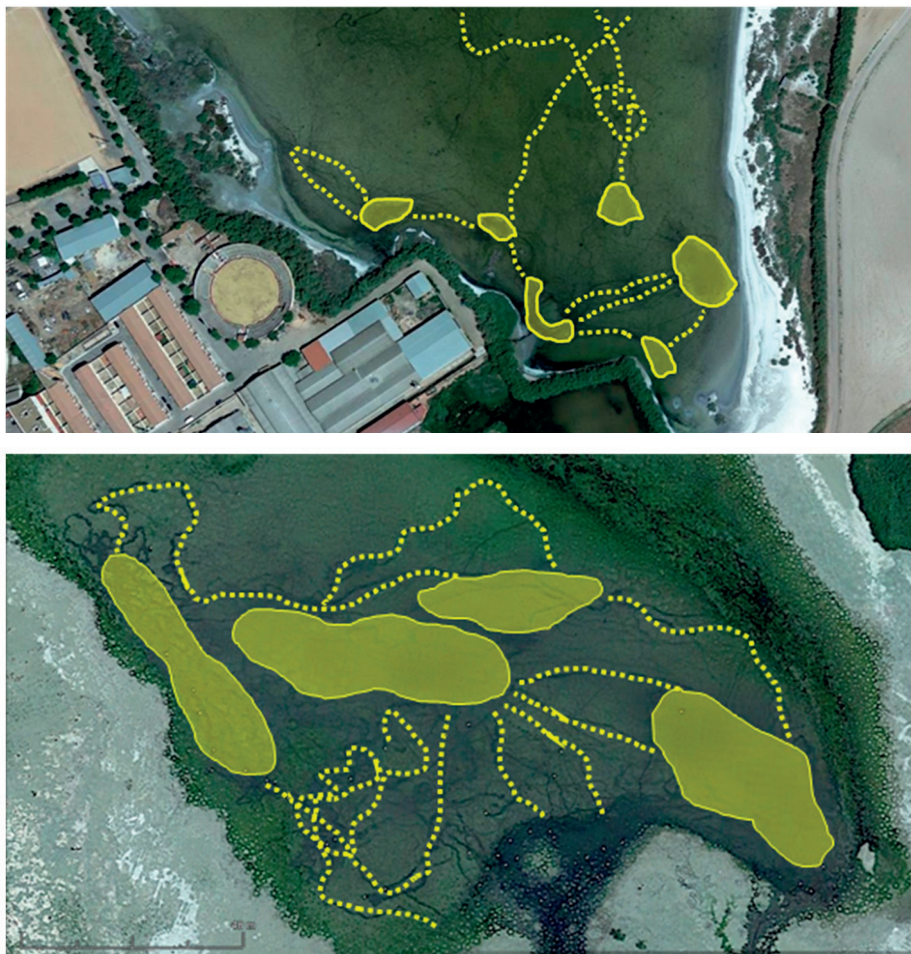


Por último, en ambas lagunas se ha observado en el sedimento mesoformas (Figura 5) compatibles con anillos de alimentación (*feeding ring*; Lee & Mayorga-Dussarrat, 2016) provocados por una de las pautas de alimentación típicas de los flamencos: el pisoteo giratorio (Hulbert, 1982; Johnson, 1983; Johnson & Cézilly, 2007). Estas mesoformas son subcirculares y con un diámetro de aproximadamente 1 m, extendiéndose a modo de “campos de anillos” por importantes extensiones superficiales de las cubetas de estas lagunas (Figura 5). Estos campos de anillos han sido observados también en campo por los autores cuando la laguna se encuentra con el sedimento húmedo o se seca (Figura 5). El efecto del pisoteo para buscar alimentación es evidente en las imágenes mostradas en las figuras 4 y 5, reconociéndose desde el punto de vista de la interpretación visual por un cambio en la textura y el color en los sedimentos de las lagunas en esas zonas de alimentación.

En cuanto a los caminos preferenciales de conexión entre estas áreas de alimentación y campos de anillos, estos no son rectilíneos (Figura 4), lo cual puede deberse a la búsqueda de nuevas zonas de alimentación mediante una estrategia de nomadeo y pautas de alimentación de marcha. Llama la atención en el caso de la laguna del Pueblo de Pedro Muñoz que el 90 % de la superficie cubierta por agua en esa fecha se encuentra afectada por campos de anillos de alimentación, caminos y sedimentos alterados por la actividad de los flamencos comunes (Figura 4).

Hay que tener en cuenta que el flamenco común en los humedales manchegos ha pasado de ser una especie escasa y presente durante los pasos primaveral y postnupcial, con algunas citas estivales aisladas precisamente en la laguna del Pueblo (Jiménez et al., 1992), a volverse una especie sedentaria y reproductora ocasional, con casi 8000 individuos asentados en La Mancha Húmeda (Laguna et al., 2012). En el caso de la laguna de La Inesperada se han llegado a registrar en los últimos diez años hasta 308 flamencos en un solo día, ascendiendo a 804 individuos en un día en la laguna de Pedro Muñoz (datos de censos propios), lo que se traduce en presiones de densidad de entre 6 y 15 flamencos/ha.

Figura 4. Caminos o tracks (líneas discontinuas en amarillo) y zonas con sedimentos muy alterados (polígonos amarillos) producidas por el pisoteo de flamencos (Arriba: Laguna de la Inesperada; Abajo: Laguna del Pueblo).

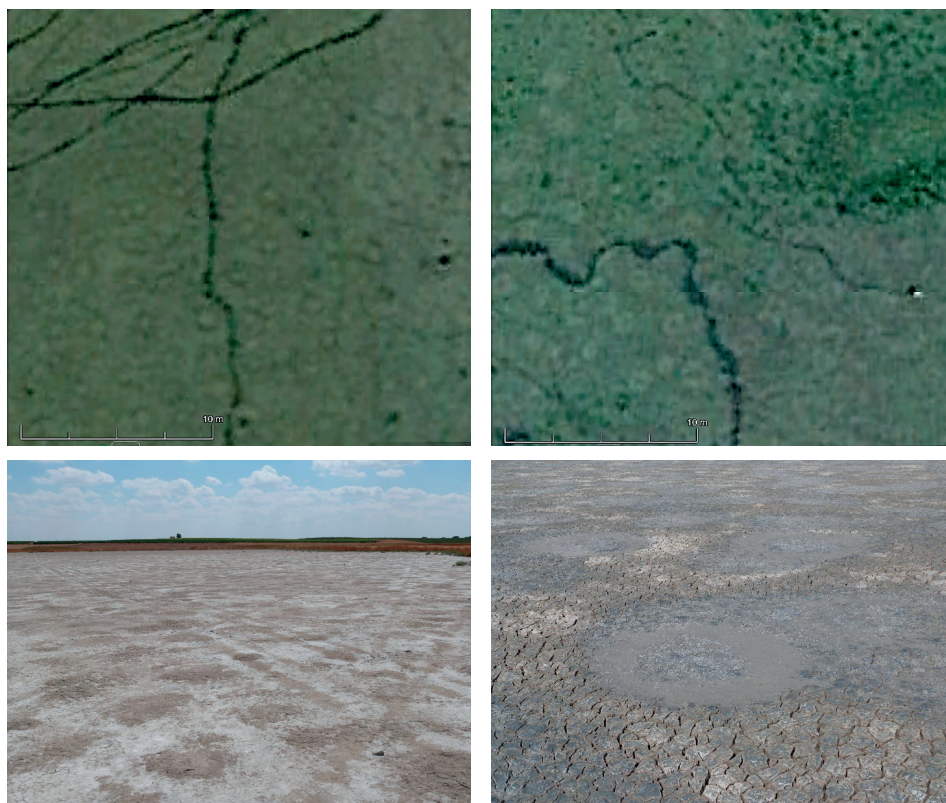


Elaboración propia. Imagen: *Google Earth pro*, 2017.

Montes y Bernués (1991) describen por primera vez en España los intensos efectos que poblaciones sobredimensionadas de flamencos comunes pueden tener en el funcionamiento de ecosistemas acuáticos como el Parque Nacional de Doñana, viéndose afectados sobre todo macrófitos acuáticos, algas epífitas, comunidades meiofaunísticas e incluso la morfología de la propia cubeta lagunar. Gayet et al., (2012) demostraron en la laguna de la Camarga (Francia) el efecto del pastoreo del flamenco común y del cisne vulgar *Cygnus olor* en la reducción o modificación de poblaciones de macrófitos acuáticos, aunque también concluyen que el impacto de las aves acuáticas de gran talla en la vegetación acuática depende del contexto

ecológico. Estos mismos autores indican que, en cualquier caso, las aves acuáticas de gran tamaño como el flamenco común y el cisne vulgar actúan como ingenieros de ecosistemas en los humedales mediterráneos.

Figura 5. Campos de anillos de alimentación (*Feeding ring*) producidos por la pauta de alimentación del pisoteo giratorio de los flamencos (ARRIBA. Izquierda: Laguna de la Inesperada; Derecha: Laguna del Pueblo. ABAJO. Izquierda: campo de anillos en la laguna de Manjavacas; Derecha: campo de anillos en la laguna del Camino de Villafranca).



Imágenes aéreas: *Google Earth pro*, 2017. Fotografías: R.U. Gosálvez, septiembre 2013.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran el amplio abanico de posibilidades que supone la implementación de la fotointerpretación y, en concreto, el uso de imágenes aéreas de alta resolución. Mediante el empleo de las mismas es posible determinar la distribución espacial de las poblaciones de flamenco común, contabilizar los individuos presentes en cada laguna y analizar el uso del espacio lagunar y los efectos sobre los sistemas acuáticos que realiza un ave generalista de gran talla como es el flamenco que, además, es considerada como una especie

ingeniería de ecosistemas (Gayet et al., 2012).

Las perspectivas de futuro de este trabajo pasan por la adquisición de imágenes de pago y/o por el empleo de drones equipados con cámaras, así como por la automatización de los procesos de identificación y clasificación espectral.

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.

5. REFERENCIAS

CARNEGIE, D.M., OHLEN, D.O. & PETTINGER, L.R. 1980: *A selected bibliography: remote sensing applications in wildlife management*. Sioux Falls, South Dakota (U.S.), U.S. Geological Survey, 30 p.

CIRUJANO, S. & MEDINA, L. 2002: *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. Madrid, Real Jardín Botánico (CSIC) y JCCM, 340 p.

CHUVIECO, E. 2010: *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona, Ariel Ciencia, 592 p.

DE LEEUW, J., OTTICHILO, W.K., TOXOPEUS, A.G. & PRINS, H.H.T. 2002: "Application of remote sensing and geographic information systems in wildlife mapping and modelling", en Skidmore, A. (ed.). *Environmental modelling with GIS and remote sensing*. Taylor & Francis, London, pp. 121–144.

DESCAMPS, S., BÉCHET, A., DESCOMBES, X., ARNAUD, A. & ZERUBIA, J. 2011: "An automatic counter for aerial images of aggregations of large birds". *Bird Study*, 58:302–308.

GAYET, G., CROCE, N., GRILLAS, P., NOURRY, C., DESCHAMPS, C. & DEFOS DU RAUC, P. 2012: "Expected and unexpected effects of waterbirds on Mediterranean aquatic plants". *Aquatic Botany*, 103:98–105.

GILMER, D.S., BRASS, J.A., STRONG, L.L., CARD, D.H. 1988: "Goose counts from aerial photographs using an optical digitizer". *Wildlife Society Bulletin*, 16(2):204–206.

GOSÁLVEZ, R.U. 2011: *Análisis biogeográfico de las lagunas volcánicas de la península ibérica. Bases científicas para su gestión*. Ciudad Real, UCLM, 1040 p.

GRZIMEK, M. & GRZIMEK, B. 1960: "Flamingoes censuses in East Africa by aerial photography". *Journal of Wildlife Management*, 24(2):215–217.

HULBERT, S.H. 1982: "Limnological studies of flamingo diets and distribution". *National Geographic Research Reports*, 14:351–356.

JACHMANN, H. 2002: "Comparison of aerial counts with ground counts for large African herbivores". *Journal of Applied Ecology*, 39(5):841–852.

JIMÉNEZ, J., MORAL, A. del, MORILLO, C. & SÁNCHEZ, M.J. 1992: *Las aves del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel y otros humedales manchegos*. Lynx Edicions, Barcelona, 123 p.

JOHNSON, A.R. 1983: *Etho-écologie du Flamant rose (Phoenicopterus ruber roseus,*

Pallas) en *Camargue et dans le l'Ouest paléarctique*. Thèse de doctorat en écologie. Université Paul Sabatier, Toulouse, 343 p.

JOHNSON, A. & CÉZILLY, F. 2007: *The Greater Flamingo*. T. & A.D. Poyser, London, 328 p.

KUMSSA, T. & BEKELE, A. 2014: "Current population status and activity pattern of Lesser flamingos (*Phoenicopterus minor*) and Greater flamingo (*Phoenicopterus roseus*) in Abijata-Shalla Lakes National (ASLNP), Ethiopia". *International Journal of Biodiversity*, vol. 2014, Article ID 295362, 8 p. doi:10.1155/2014/295362.

LAGUNA, C., GOSÁLVEZ, R.U., SÁNCHEZ, G., FALOMIR, J.P., VELASCO, A., CHICOTE, A., FLORÍN, M. & GIL-DELGADO, J.A. 2013: "Climate change footprint in the Mancha Húmeda Biosphere Reserve", en Sáez-Martínez, F.J., Jiménez, E. & Sánchez, L (eds.). *Proceedings of the Energy and Environment knowledge week*. CYTEMA-UCLM, Toledo, pp. 183-185.

LALIBERTE, A.S. & RIPPLE, W.J. 2003: "Automated wildlife counts from remotely sensed imagery. *Wildlife Society Bulletin*, 31(2): 362-371.

LEE, M.R. & MAYORGA-DUSSARRAT, J. 2016: "The impact of feeding by Chilean flamingos (*Phoenicopterus chilensis*) on the meiofaunal assemblage of a tidal flat". *Marine Biology Research*, 12(10):1039-1052.

LUQUE, R. 2015: "Flamencos a vista de dron". *La Opinión de Málaga*. Fecha: 10-07-2015:26-27.

MONTES C. & BERNUÉS, M. 1991: "Incidencia del flamenco rosa (*Phoenicopterus ruber roseus*) en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos de la marisma del Parque Nacional de Doñana (SW España)", en Pintos, M.R. (ed.). *Reunión técnica sobre la situación y problemática del flamenco rosa en el mediterráneo occidental y África noroccidental*. Agencia de Medio Ambiente (Junta de Andalucía), Sevilla, pp. 103-110.

NOYES, J.H., JOHNSON, B.K., RIGGS, R.A., SCHLEGEL M.W. & COGGINS, V.L. 2000: "Assessing aerial survey methods to estimate elk populations: a case study. *Wildlife Society Bulletin*, 28(3):636-642.

PANAREDA, J.M. 2000: "Cartografía y representación fitogeográfica", en Meaza, G. (ed.): *Metodología y práctica de la Biogeografía*, Serbal, Colección La Estrella Polar, 22, Barcelona, pp. 273-316.

PEINADO, M. 2000: "Humedales de La Mancha, Geología y geomorfología", en García, V. (coord.): *Humedales de Ciudad Real*, Esfagnos, S.L., Salamanca, pp. 104-111.

SIRMACEK, B., WEGMANN, M., CROSS, A.D.P., HOPCRAFT, J.G.C., REINARTZ, P. & DECH, S. 2012: "Automatic population counts for improved wildlife management using aerial photography", en Seppelt, R., Voinov, A.A., Lange, S. & Bankamp, D. (Eds.). *International Congress on Environmental Modelling and Software*. 169. <http://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2012/Stream-B/169>. Consulta 5 de junio de 2017.

TERLETZKY, P.A. 2013: *Utilizing remote sensing and geospatial techniques to determine detection probabilities of large mammals*. Logan, Utah (U.S.), All Graduate Theses and Dissertations, Paper 1760, 180 p.

PRIETO, R., MÉNDEZ, E., VALES, J.J., PINO, I., CARPINTERO, I.R., GRANADO, L., MONTOYA, G., GIMÉNEZ DE AZCÁRATE, F., CÁCERES,

F. & MOREIRA, J.M. 2014: “Aplicación de UAV a la detección de fauna como soporte a los censos cinegéticos. REDIAM”. *Revista de Teledetección*, 41:121-131.

ROMÁN, J. & VILÀ, M. 2014: *Censos aéreos de aves acuáticas en Doñana: cuarenta años de seguimiento de procesos naturales*. CSIC y Los Libros de la Catarata, Madrid, 160 p.

SASAMAL, S.K., CHAUDHURY, S.B., SAMAL, R.N. & PATTANAIK, A.K. 2008: “QuickBird spots flamingos off Nalabana Island, Chilika Lake, India”. *International Journal of Remote Sensing*, 29(16):4865–4870.

VAS, E., LESCROËL, A., DURIEZ, O., BOGUSZEWSKI, G. & GRÉMILLET, D. 2015: “Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines”. *Biology Letters*, 11:20140754.

WOODWORTH, B.L., FARM, B.P., MUFUNGO, C., BORNER, M. & OLE KUWAI, J. 1997: “A photographic census of flamingos in the Rift Valley lakes of Tanzania”. *African Journal of Ecology*, 35(4):326-334.

YANG, Z., WANG, T., SKIDMORE, A.K., DE LEEUW, J., SAID, M.Y. & FREER, J. 2014: “Spotting East African mammals in open savannah from space”. *PLoS ONE*, 9(12):e115989.

LOS CONTENIDOS DE BIOGEOGRAFÍA EN LA EDUCACIÓN PRIMARIA. ANÁLISIS DEL CURRÍCULO ESCOLAR Y DE LOS LIBROS DE TEXTO

Jonathan Montero Pozo, Adrián Navas Berbel y Óscar Jerez García

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Educación, UCLM

Jonathan.Montero@alu.uclm.es, Adrian.Navas@alu.uclm.es, Oscar.Jerez@uclm.es

RESUMEN:

La Geografía es una ciencia y una disciplina académica presente en el currículo escolar desde hace más de un siglo. Se han estudiado los contenidos de Biogeografía, en el contexto de su tradicional división en Geografía Física y Geografía Humana, a partir del currículo escolar y de su concreción en materiales curriculares como los manuales escolares y los libros de texto. Se ha planteado el objetivo de identificar dichos contenidos en comparación con los del resto de Geografía y con otros propios de las Ciencias Naturales, especialmente de la Biología. Para ello se ha diseñado un modelo de análisis estadístico a partir de la consulta del currículo vigente, dentro de la Educación Básica, de Educación Primaria, y se ha estudiado su evolución en el currículo durante los últimos 25 años, desde la Ley de Educación de 1990 (L.O.G.S.E.) hasta la actualidad (L.O.M.C.E.). Esta metodología de estudio bibliométrico permite realizar análisis comparativos verticales (entre las diferentes leyes educativas y currículos) como horizontales (entre contenidos biogeográficos correspondientes a distintos cursos, ciclos o etapas educativas correspondientes a un determinado currículo o normativa educativa). Los resultados permiten conocer la evolución de estos contenidos así como los conocimientos mínimos, básicos y obligatorios que sobre Biogeografía deben tener los estudiantes al finalizar la Educación Primaria.

Palabras clave: Biogeografía, Educación Primaria, currículo escolar, libros de texto.

ABSTRACT (Contents of biogeography in primary education. Analysis of school curriculum and text books):

Geography is a science and an academic discipline present in the school curriculum for more than a century. The contents of Biogeography have been

studied in the context of its traditional division in Physical Geography and Human Geography, from the school curriculum and its concretion in curricular materials such as textbooks. The objective has been to identify these contents in comparison with those of the rest of Geography and with others of the Natural Sciences, especially Biology. For this purpose, a model of statistical analysis has been designed based on the consultation of the current curriculum, within the Basic Education, of Primary Education, and its evolution in the curriculum has been studied during the last 25 years, from the Education Law of 1990 (LOGSE) to the present (LOMCE). This methodology of bibliometric study allows to make vertical comparative analyzes (between the different educational laws and curricula) as horizontal (between biogeographic contents corresponding to different courses, cycles or educational stages corresponding to a specific curriculum or educational normative). The results allow to know the evolution of these contents as well as the minimum, basic and obligatory knowledge that students should have about Biogeography must have on students at the end of Primary Education.

Keywords: Keywords: Biogeography, Primary Education, school curriculum, textbooks.

1. INTRODUCCIÓN

La Geografía, como materia de estudio en la educación reglada, está presente en España desde mediados del siglo XIX. La Ley de Instrucción Pública de 9 de septiembre de 1857 (más conocida como Ley Moyano) organiza la primera enseñanza en elemental y superior. En su artículo 4º esta Ley establece que la enseñanza superior incluye, entre otros contenidos, rudimentos de Historia y Geografía, especialmente de España. Desde entonces esta disciplina ha estado presente en la educación básica o primaria. Entre otros contenidos ha incluido cuestiones relativas al medio natural y, en ellos, sobre biogeografía. El conocimiento que la población tiene sobre biogeografía lo ha adquirido en la enseñanza básica obligatoria (Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria) y en la no obligatoria (Educación Infantil y Bachillerato). Este trabajo es una primera aproximación para indagar qué lugar ocupa esta disciplina que estudia la vegetación y la fauna desde una perspectiva geográfica en la primera etapa de la Educación Básica, es decir, en la Educación Primaria. Para ello se han analizado los currículos de las tres últimas leyes de educación con desarrollo curricular, así como los materiales curriculares concretados en los manuales escolares o libros de texto. Para ello se ha seleccionado una muestra de casi medio centenar de libros (48 exactamente) de diferentes autores, editoriales, años y currículos.

2. OBJETIVOS

Los resultados de esta investigación bibliográfica responden a tres objetivos planteados:

- Comprobar y evaluar la presencia y el grado de adecuación de contenidos de biogeografía, en sentido estricto, así como los genéricos relacionados con

las plantas, la vegetación y la fauna, desarrollados a partir de las diferentes leyes educativas españolas desde el año 1990, cuando se aprueba la primera Ley de Educación en la democracia española contemporánea.

- Establecer un estudio comparativo de carácter cualitativo de materiales curriculares sobre biogeografía en los manuales y libros de texto de la Educación Primaria española.
- Valorar la presencia de contenidos curriculares geográficos relacionados con esta disciplina geográfica y su correspondencia y relación entre los diferentes currículos y los libros de texto correspondientes, tanto en el área de Ciencias de la Naturaleza como de Ciencias Sociales.

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos hemos tomado una muestra representativa de 48 libros de Ciencias Sociales y de Ciencias de la Naturaleza de diversas editoriales y años (Tabla 1). Se ha iniciado el análisis a partir de los materiales curriculares de la LOGSE, Ley de Ordenación General del Sistema Educativo del año 1990, continuándose con los libros editados bajo las siguientes leyes (Ley Orgánica de Educación del año 2006 y Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa, del año 2013). No se han tenido en cuenta otras leyes educativas intermedias al no presentar un desarrollo curricular (LOPEG, de 1995 y LOCE, de 2002).

Una vez definido y justificado el periodo cronológico, así como la muestra de libros, se ha diseñado y adaptado a la temática objeto de estudio un modelo de ficha de recogida de datos que incluye diferentes ítems, que ya han sido en parte utilizados previamente en otros trabajos semejantes (Jerez, 2009 y 2010; Jerez y Serrano de la Cruz, 2016). Los primeros hacen referencia a los datos generales del libro, como el curso, la editorial, los autores, el título, el año, el número de páginas y de unidades, etc. A continuación se incluyen cuestiones específicas relativas a los contenidos sobre biogeografía que recoja cada libro.

Se han separado los contenidos propiamente textuales de aquellos otros relativos a actividades y ejercicios de comprensión a realizar por el alumnado. Los contenidos se han diferenciado según la escala: internacional, nacional o autonómica. De igual manera, los ejercicios sobre áreas protegidas se han diferenciado según si estos van orientados al aprendizaje de conceptos (ejercicios conceptuales), a la adquisición de habilidades y técnicas (ejercicios procedimentales) o al desarrollo de valores ambientales (ejercicios actitudinales).

De gran interés nos parece analizar el tratamiento de estos contenidos a partir de otros lenguajes geográficos que no sea el lenguaje verbal. De esta forma se han incluido ítems relacionados con la presencia de imágenes, fotografías, dibujos, mapas y otros elementos gráficos, tanto en el texto como en los ejercicios y actividades.

Una vez diseñada la ficha de recogida de datos se han recopilado libros de texto desde el año 1993 hasta el año 2015 procedentes de la biblioteca de la Facultad de Educación de Ciudad Real, de la Biblioteca General de la Universidad de Castilla-La Mancha y de los fondos bibliográficos de diferentes centros educativos del entorno, C.E.I.P. (Centros de Educación Infantil y Primaria). Con los datos obtenidos se han

realizado diversas síntesis cualitativas y cuantitativas cuyo análisis y comentario se exponen a continuación.

Tabla 1. Manuales escolares analizados.

Muestra		Educación Primaria
Manuales analizados		48
Años de la muestra		1993-2015
Nº de manuales elaborados con la LOGSE		15
Nº de manuales elaborados con la LOE		18
Nº de manuales elaborados con la LOMCE		14
Nº de manuales por editoriales	Everest	15
	SM	9
	Edelvives	10
	Edebé	2
	Santillana	6
	Mc Graw Hill	1
	Oxford	1
	Anaya	4
Nº de manuales según número de unidades o temas	6 unidades	5
	8 unidades	1
	9 unidades	6
	12 unidades	12
	14 unidades	2
	15 unidades	21
	16 unidades	1

Elaboración propia.

4. LA BIOGEOGRAFÍA EN EL CURRÍCULO ESCOLAR

Analizaremos los contenidos de biogeografía centrándonos en varios aspectos como el nombre de la asignatura, el número de bloques que dedican a la misma, dónde se hace referencia a nuestro objeto de estudio y su distinta distribución a lo largo de los años.

4.1. LA BIOGEOGRAFÍA EN LA LOGSE

Según el Real Decreto 1006/1991, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Primaria el nombre que

tenía el área de conocimiento en la que se incluían los contenidos de Geografía se denominaba: *Conocimiento del medio natural, social y cultural*. En esta ley los contenidos de la asignatura se reparten en diez bloques, de los cuales aquellos relacionados con la biogeografía o temas afines únicamente aparecen en dos, en el segundo (El paisaje) y el cuarto (Los seres vivos). Las alusiones a la Biogeografía que se dan en estos bloques son muy escasas, pero al menos se menciona. Por ejemplo, se citan los siguientes conceptos: *Los seres vivos: características básicas, morfología y funciones; diferencias entre animales y plantas; Importancia de los animales y plantas para las personas. Los elementos que configuran el paisaje natural: el relieve, el clima, las aguas, la vegetación y la fauna.*

4.2. LA BIOGEOGRAFÍA EN LA LOE

De acuerdo al *Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria*, el nombre de la asignatura en la que aparecen contenidos de Geografía continúa siendo el mismo: *Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural*. Los contenidos de esta área de conocimiento se organizan en tres ciclos, cada uno de los cuales se corresponde con los siguientes cursos: (1º-2º, 3º-4º y 5º-6º y cada uno de ellos consta, a su vez, de 7 bloques de contenidos.

Para nuestro estudio solo nos centraremos en el *bloque 2*, ya que es el único que contiene elementos relacionados con la biogeografía. Dicho bloque lleva por nombre: *La diversidad de los seres vivos*.

En el primer ciclo solo se hace referencia a que el alumnado distinga entre seres vivos e inertes. En el segundo ciclo sí observamos cómo se mencionan los distintos tipos de clasificaciones en plantas y animales, y cuáles son sus partes y componentes. Del mismo modo también aparece la relación de estos seres vivos con el resto del mundo. Por último, en el tercer ciclo los contenidos hacen referencia a los distintos tipos de reinos de seres vivos. No existe ningún contenido que trate temas específicos de Biogeografía, sino únicamente de los seres vivos sin hacer referencia a su distribución geográfica.

4.3. LA BIOGEOGRAFÍA EN LA LOMCE

Tal y como nos especifica el *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria*, actualmente vigente, el primer cambio que observamos es el nombre del área, ya que a partir de ahora el área de *Conocimiento del Medio natural, social y cultural* se separará en dos áreas de conocimiento diferentes: *Ciencias de la Naturaleza* y *Ciencias Sociales*.

En Ciencias de la Naturaleza, todos y cada uno de los cursos está dividido en 5 bloques de contenido, pero únicamente el bloque 3 llamado “Los seres vivos” hace referencia a nuestro objeto de estudio. Se aprecia que en todos los cursos se hace un especial hincapié en la clasificación de los distintos seres vivos. Ampliando contenidos conforme subimos de curso. En cuanto a las plantas sucede exactamente lo mismo que con la clasificación de los animales. Es curioso, que a partir del tercer curso de primaria comenzamos a ver dichas clasificaciones según el reino al que pertenecen hasta completar los 5 existentes.

Una de las grandes novedades respecto a los currículos anteriores es la referencia a los hábitos de cuidado tanto a los animales como a las plantas, que en las anteriores leyes no se citaba. En la misma línea, también se hace referencia al comportamiento activo en la conservación y el cuidado del entorno natural.

Como en las leyes anteriores, tampoco encontramos contenidos explícitos sobre Biogeografía, sino similares como: *Características y componentes de un ecosistema. Ecosistemas, pradera, charca, bosque, litoral y ciudad y los seres vivos; La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos.*

5. LA BIOGEOGRAFÍA EN LOS LIBROS DE TEXTO

Se ha analizado una muestra significativa de libros de texto, un total de 48 libros de diferentes editoriales correspondientes a las tres últimas leyes de educación con desarrollo curricular. A partir de aquí procederemos a analizar los contenidos de Biogeografía. Todos estos libros se incluyen mayoritariamente en el área de Ciencias de la Naturaleza, o su versión bilingüe: “*Natural Science*”, aunque también los hay en Ciencias Sociales.

5.1. LA BIOGEOGRAFÍA EN LOS LIBROS DE TEXTO DE LA LOGSE

En la mayoría de las editoriales consultadas no existe un temario específico y/o diferenciado de biogeografía como tal, sino que estos contenidos se relacionan con otros conceptos, es decir, la biogeografía pasa a un segundo plano. En algunas editoriales sí que existen temas propios de biogeografía, llegando a alcanzar un porcentaje muy elevado sobre el total de contenidos del libro. En muchos casos sí que se pueden hacer distinciones claras entre unos formatos de las editoriales y otros, porque mientras algunas ediciones de libros de texto apenas presentan dibujos y fotografías en los textos, otras sí que presentan un mayor número de fotografías y dibujos en los temarios o en las actividades. No existen subapartados en la práctica totalidad de libros de texto para aspectos diferenciales de biogeografía propias de las distintas regiones españolas. Sin embargo, sí que los hay de España en su conjunto y, en el caso de que los hubiese, se incluyen dentro del marco del territorio estatal en su conjunto. No existen mapas independientes de las regiones españolas separados del conjunto del Estado. Sí que los hay del territorio nacional en su conjunto, aunque se señalen las Comunidades Autónomas. Quizá un factor que influye en este aspecto es que no son iguales las tecnologías de impresión y edición de los libros de texto, y tampoco lo es su acceso por parte de las editoriales a las innovaciones tecnológicas. Se observa, por ejemplo, en la antigüedad de las ediciones, puesto que, por citar algún ejemplo, hay una mayor cantidad de fotografías, dibujos y actividades en los libros de texto más modernos que en los editados en los primeros años de la aprobación de esta Ley educativa.

En los libros de texto que se han consultado también se observa disparidad en cuanto al número de ejercicios o actividades referidas a estos conceptos. Mientras algunas editoriales no tienen casi ninguno, otras presentan un número considerable. En los libros que se elaboraron a comienzos de los años noventa, de acuerdo con las editoriales consultadas, no se superan la veintena de ejercicios. Sin embargo, en los

posteriores al año 2000, presentan como mínimo más de una veintena, llegando en alguna ocasión concreta a doblar esta cifra en los libros más recientes.

Tabla 2. Contenidos sobre Biogeografía en los manuales escolares analizados.

Contenidos sobre BIOGEOGRAFÍA		Educación Primaria
Nº de libros con temas específicos		0
Nº de libros con contenidos parciales		40 (de 48)
Nº de páginas según carácter de los contenidos parciales	Internacional	4
	Nacional	6
	Autonómico	16
	TOTAL	22
Nº de ejercicios y actividades	Conceptuales	8
	Procedimentales	7
	Actitudinales	10
	TOTAL	25
Nº de elementos gráficos relacionados	Fotografías	28
	Dibujos	16
	Mapas	5
	Gráficos	0
	TOTAL	48

Elaboración propia.

Por otra parte, en la LOGSE, en lo referente a contenidos biogeográficos, no se tienen en cuenta la atención a la diversidad del alumnado, algo que sí se verá en legislaciones educativas vigentes en etapas posteriores más recientes.

5.2. LA BIOGEOGRAFÍA EN LOS LIBROS DE TEXTO DE LA LOE

La *Ley Orgánica de Educación*, aprobada en 2006, es una Ley que inició sus pasos con cierta polémica, ya que sustituía a la LOCE (*Ley Orgánica de Calidad de la Educación*, del año 2002), una Ley que, de facto, no llegó a aplicarse. Por este motivo la comunidad educativa, y las casas editoriales, tuvieron que someterse a un proceso adaptativo a la nueva legislación, por entonces vigente. Este hecho es relevante ya que, tras paralizarse la aplicación de la Ley, pudo suponer que hubiese diferencias entre unas editoriales y otras porque se pudo dar la circunstancia de que no tuviesen tiempo suficiente para adaptar los libros que se proporcionaron a los escolares entre una legislación y la nueva que se aprobó. A todo ello hay que añadir el traspaso de competencias en materia educativa a las Comunidades Autónomas, que adquiere con la nueva legislación en vigor un gran impulso, algo que va unido también a la reforma de algunos Estatutos de Autonomía de las Comunidades Autónomas,

en los cuales se asumen, compartidas con el Estado, las competencias en materia educativa. Por este motivo se acentúan las diferencias entre las Comunidades Autónomas, algo a lo que no permanece indiferente la biogeografía. A partir de estos momentos destacan las diferencias en los dibujos y fotografías que apoyan los textos y las actividades. Además en esta nueva normativa se introduce y se habla muy claramente, en el Título II, de la equidad en la educación de la atención a la diversidad, y al aumentar estos apoyos a través de imágenes y fotografías se puede contribuir a apoyar la misma y a que los alumnos asuman de una forma más clara los contenidos referentes a la biogeografía. Conviene remarcar que pese a los avances tecnológicos de los que anteriormente hablábamos, hay disparidad en cuanto a los contenidos que los libros de texto presentan en esta materia, ya que hay algunos que en determinados ciclos de la Educación Primaria (en esencia en el segundo curso del Segundo Ciclo de Educación Primaria), no presentan ningún tipo de contenido referido a esta temática. En general hay disparidad entre ellas, pero aunque mezclan contenidos sobre plantas y vegetación, presentan una buena visión de conjunto. En términos generales se podría decir que se reducen los contenidos referentes a biogeografía porcentualmente en los libros de texto que se elaboraron con la legislación educativa que estaba en vigencia anteriormente (el contenido total en relación con el número de temas no supera, incluso en aquellas editoriales que son más generosas, una tercera parte del total del temario). Además, al servirse de mapas tanto de España como del territorio de las Comunidades Autónomas, puede servir de ayuda para completar la formación que reciben los educandos.

5.3. LA BIOGEOGRAFÍA EN LOS LIBROS DE TEXTO DE LA LOMCE

La *Ley Orgánica 8/2013 para la Mejora de la Calidad Educativa* es por la que se rige en la actualidad el Sistema Educativo Español (SEE), sustituyendo a la LOE y modificando algunos artículos y una de las disposiciones de la Ley 8/1985 de 3 de julio reguladora del Derecho a la Educación (LODE).

Aunque hay diferencias de formato entre las distintas editoriales a la hora de presentar los contenidos de biogeografía, podemos afirmar que en todas las editoriales hay como mínimo un tema dedicado a esta cuestión, lo que supone un paso decisivo a la hora de abordar esta cuestión por parte de los docentes. Pese a que en los temarios presentes en los libros de texto hay menos unidades, sí que se observa cómo las cuestiones relativas al estudio de las plantas y la fauna han ganado un mayor peso y protagonismo y, por ende, una mayor relevancia. Además, junto con el temario, en algún caso también existen anexos que complementan la información que hay en los temas.

Como mínimo hay un 16% del temario total de los libros de texto del currículo de la LOMCE en las áreas de Ciencias Sociales y de Ciencias Naturales que presentan contenidos en biogeografía. Existe algún caso en el cuál se mezclan contenidos de zoogeografía con fitogeografía, en una misma unidad o tema del libro de texto, pero suelen estar por lo general separados en unidades diferenciadas. Hay mapas de España y de las Comunidades Autónomas con contenidos en ésta materia, pero su número disminuye sensiblemente con respecto a los que había en la legislación anteriormente vigente. Hay cifras dispares, dependiendo de las casas editoriales, de

fotografías y dibujos, tanto en los textos como en los ejercicios, pero al igual que sucedía con anterioridad, toda la información suele ir acompañada de imágenes y dibujos, así como también las actividades.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con el paso de los años la conciencia social de la importancia del conocimiento del medio natural y del medio ambiente en general ha ido, aunque aún queda mucho trabajo por hacer, en aumento. En este contexto naturalista, ambiental y paisajístico, la biogeografía constituye un conjunto de conocimientos escolares imprescindible. Esto ha sido considerado por las diferentes legislaciones educativas, y por añadidura también, se han ido incorporando a los libros de texto y anexando contenidos de tipo biogeográfico. Habría también que ver si esta circunstancia se da por igual en todas las Comunidades Autónomas, o sin embargo, como parece dejarse entrever, hay diferencias entre los libros de texto publicados en unas regiones o en otras. Los avances tecnológicos actuales permiten, con mayor celeridad y claridad, tener acceso a unos contenidos con un tratamiento didáctico cada vez más elaborado en biogeografía, y que tan importantes son para el completo desarrollo en el alumnado, en especial en la formación que se da durante la Educación Primaria.

Con la generalización del uso de las mejoras e innovaciones técnicas editoriales, el uso de fotografías y dibujos, y en menor medida de mapas, constituyen un complemento cada vez más elaborado de los textos, actividades y ejercicios propuestos en los libros de texto. En general, con el marco legislativo actual podemos considerar que la biogeografía ha ganado más peso cuantitativo (número de páginas, temas y contenidos) en la etapa de Primaria, que con los decretos curriculares de las leyes de educación anteriores. Un ejemplo se puede ver en el número de actividades: los primeros libros de la LOGSE presentan en general muy pocas actividades de aprendizaje para el alumnado referidas a contenidos biogeográficos. Según van pasando los años cada vez van teniendo una mayor relevancia. Durante la vigencia de la LOE, se mantiene este peso, aunque en ocasiones se reduce ligeramente. Con la Ley actual parece haber una tendencia a consolidarse e incluso a mejorar en calidad las actividades propuestas referidas a biogeografía, entre otras cuestiones porque se incluyen más contenidos en el temario general. En el caso de la LOMCE, en todas las editoriales consultadas hay un mínimo de contenidos sobre biogeografía, sobre plantas o sobre fauna (un 16% de media), algo que en las ediciones más antiguas no se daba.

Con la *Ley de Ordenación General del Sistema educativo*, aprobada en octubre de 1990, tras la muestra recogida, se puede observar que son importantes las diferencias que hay entre las distintas casas editoriales de libros de texto, puesto que si algunas no le prestan demasiado espacio a contenidos de biogeografía, en otras sí que dedican hasta una tercera parte del temario a contenidos biogeográficos. Uno de los aspectos relevantes es que las editoriales que dedican contenidos a biogeografía los dedican esencialmente a nivel nacional, probablemente porque aún no se había asumido, por parte de las Comunidades Autónomas, un porcentaje de la competencia en materia educativa, que a día de hoy es de carácter compartido entre el Estado y las

Comunidades Autónomas. Así por ejemplo en los libros de texto no se muestran mapas propios de las regiones con su fauna y flora específicas de cada Autonomía.

En el caso de la *Ley Orgánica de Educación*, cuya aprobación data de mayo de 2006, podemos afirmar que existen diferencias entre las editoriales en cuanto a la cantidad, calidad y contenidos que se muestran en los libros de texto. En general los libros de texto que han elaborado diferentes editoriales, siguiendo los patrones y directrices marcados por la legislación educativa española vigente en aquel momento, podemos decir que en la mayoría de los casos el temario dedicado a biogeografía, incluyendo contenidos generales sobre plantas y animales, no supera el 20% del total. En Educación Primaria convendría destacar que se combinan en los ejercicios de los temarios contenidos de zoogeografía con contenidos de fitogeografía.

En la legislación actualmente vigente (LOMCE), durante la etapa correspondiente a la Educación Primaria, existen algunos cambios relevantes, porque aunque también se mezclan algunos contenidos de zoogeografía con fitogeografía, convendría señalar que tiene una mayor visión de conjunto en la mayor parte de libros de texto, ya que se enmarcan todas estas realidades en contextos propios a un entorno cercano próximo. También podemos decir que se aumenta, en la mayor parte de los casos, el porcentaje total de estos contenidos sobre plantas y animales. Se puede observar que aunque el total de temario de un libro de texto disminuye, la mayor parte de editoriales consultadas presenta un total de 9 temas de promedio. El porcentaje de temas que se destinan a contenidos biogeográficos es sensiblemente mayor, superando el 30%, aunque en la mayor parte de ellos se trata de cuestiones relacionadas con las plantas y los animales, pero sin una visión geográfica.

7. REFERENCIAS

DECRETO 68/2007 de 29 de mayo de 2007 de la Consejería de Educación por el que se establece y ordena el currículo de la Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.

DECRETO 54/2014 de 10 de julio de 2014 de la Consejería de Educación por el que se establece y ordena el currículo de la Educación Primaria en Castilla-La Mancha.

JEREZ, O. 2009: “El lenguaje cartográfico en los libros de texto de Portugal y de España. Una competencia para el conocimiento e interacción con el mundo físico”, en E. Nieto y A.I. Callejas (coords.): *Las competencias básicas. Reflexiones y experiencias*, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real.

JEREZ, O. 2010: “El medio natural en los manuales escolares de España y de Portugal”, en J. B. Duarte (Org.): *Manuais escolares e dinâmica da aprendizagem: podem os manuais contribuir para a transformação da escola?*, Edições Universitárias Lusofonas, Lisboa, pp. 31-50.

JEREZ, O. y SERRANO DE LA CRUZ, M.A. 2016: “Los espacios naturales protegidos en los libros de texto españoles de Geografía en la Educación Básica (1990-2015)”. *Revista OKARA, Geografia em debate*, 10(2):323-344.

LEY Orgánica 1/1990, de 3 de Octubre, General del Sistema Educativo.

LEY Orgánica 10/2002, de 23 de diciembre, de Calidad de la Educación.

LEY Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

LEY Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa.

REAL DECRETO 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen y ordena las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria.

REAL DECRETO 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establecen las enseñanzas mínimas en Educación Primaria.

EL MUSEO COMO RECURSO DIDÁCTICO: LA CUENCA CARBONÍFERA DE PUERTOLLANO EN EL MUSEO PALEOBOTÁNICO DE CÓRDOBA

Margarita Moreno-Nevado¹, M^a Elena González Cárdenas² y Rafael Becerra-Ramírez²

¹*Centro de Educación de Personas Adultas "Antonio Machado". Puertollano. Colaboradora de GEOVOL.*

²*Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio. UCLM. Ciudad Real. Grupo de Investigación GEOVOL.*

mmorenonevado@gmail.com, elena.gonzalez@uclm.es, rafael.becerra@uclm.es

RESUMEN:

Un museo es un importante recurso didáctico. Para que este recurso sea práctico y efectivo en los distintos niveles educativos, es necesaria una preparación previa a su visita, en la que se involucre activamente al alumnado. Y, con posterioridad a la visita, a modo de síntesis realizarán una exposición de los conocimientos obtenidos durante el desarrollo de la actividad.

Se propone la visita al Museo Paleobotánico de Córdoba, que reúne la colección más importante de fósiles vegetales del Carbonífero español, siendo la Cuenca Carbonífera de Puertollano (Ciudad Real) una de las mejores representadas. El museo le dedica un área monográfica, con una colección de vegetales fosilizados con cenizas volcánicas, la reconstrucción de una licópsida carbonífera (*Omphalophloies*) y vitrinas que explican la fosilización, interacción de vegetales e insectos, maderas fósiles.

Palabras clave: Recurso didáctico, Museo Paleobotánico, Cuenca Carbonífera, Fósil.

ABSTRACT:

A museum is an important didactic resource. In order to make this resource practical and effective in every educational level, it is necessary to organize a previous preparation to the visit in which students are actively involved. And after the visit, they will make an exposition of the knowledge acquired during the activity. A

visit to the Paleobotanic Museum in Córdoba is proposed, as it gathers the most important collection of vegetal fossils from the Spanish carboniferous period, being the coalfield in Puertollano (Ciudad Real) one of the best examples. This museum devotes a monographic area to it, including a collection of fossilized vegetals with volcanic ashes, the recreation of a carboniferous lycopodiopsida (*Omphalopholoids*) and glass cabinets where the process of fossilization, the interaction of vegetals and insects and fossil woods are explained.

Keywords: Didactic resource, Paleobotanic Museum, Coalfield, Fossil.

1. INTRODUCCIÓN

Según el Consejo Internacional de Museos (ICOM) de la UNESCO (Viena, 2007) *“un museo es una institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y abierta al público, que adquiere, conserva, estudia, expone y difunde el patrimonio material e inmaterial de la humanidad con fines de estudio, educación y recreo”*.

Un museo es un importante recurso didáctico, es un espacio de aprendizaje, de instrucción y de transmisión de conocimientos, que contribuye y favorece a la formación y adquisición de conocimientos a lo largo de toda la vida. Por ello, las visitas a los museos representan gran parte de las actividades programadas por los centros educativos, pues contribuyen, según sus características (de arte, de ciencias, de antropología...), a reforzar y ampliar los contenidos de las distintas disciplinas. En la actualidad, la relación entre Centro Educativo y Museo es muy activa, porque estos organizan encuentros, charlas y visitas preparatorias, en general, presentan diversas propuestas didácticas.

Por lo tanto, los museos como depositarios de conocimiento no solo tienen la función de acoger el patrimonio sino que tienen la labor de hacerlo comprensible, porque el público diverso al que va dirigido así lo demanda (Fernández, 2003), convirtiéndose estas instituciones en apoyos útiles para el proceso educativo y el desarrollo social al interactuar con los visitantes, reconociéndose como instrumento para la promoción cultural, para la formación y contribuyendo a la consolidación de identidades individuales y colectivas (Maceira, 2008).

Pero, para que este recurso sea práctico y efectivo, no se trata simplemente de realizar la visita un día concreto para visualizar la exposición del material allí presente, sino que es necesaria una preparación previa, en la que se involucre activamente al alumnado, incrementando su interés, estimulando la curiosidad, la aptitud de observar y la capacidad de indagar. Y con posterioridad a la visita, con la finalidad de que los alumnos asimilen y sintetizen los conocimientos adquiridos, se propone que el alumno haga una exposición de la información obtenida antes de la visita y del material obtenido en el propio museo, en la que se valorará el planteamiento, la síntesis y la presentación de la misma.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que nos planteamos alcanzar con nuestros alumnos con esta aplicación didáctica, en general, son:

- Fomentar el uso didáctico de un museo para los alumnos de Geografía.
- Potenciar y comprometer a los alumnos en la preparación de la visita a un museo y conseguir un aprendizaje activo a través de ella.
- Favorecer el interés y potenciar la capacidad de indagación de los alumnos.
- Contribuir a la capacidad de síntesis y exposición de los conocimientos adquiridos.
- Alentar el interés por conocer los elementos patrimoniales propios del territorio que los alumnos habitan.
- Potenciar una actitud de valoración, respeto y conservación del Patrimonio Natural.
- Comprender y valorar el Patrimonio Natural como contenido y recurso didáctico para la enseñanza de la Geografía.

3. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

3.1. FASES DE LA ACTIVIDAD Y EVALUACIÓN

Se planificará la visita desde el punto de vista organizativo, en relación a las visitas de grupo, los horarios y la necesidad de reservar con antelación, y de indagación, respecto a la información previa de la que podamos disponer de la ubicación, recursos y material expuesto en el museo.

Los alumnos serán conscientes de la importancia de la visita al museo cuando comiencen a documentarse sobre él, pues a través de la indagación podrán conocer el contenido del museo y hacerse los esquemas previos de aquello que verán *in situ*, contribuyendo a aumentar la inquietud por la visita y activar los conocimientos que el alumno tiene sobre la temática de la exposición. Por todo ello, afrontará la visita desde una perspectiva más dinámica y participativa, superando la actitud de mero espectador ante lo desconocido y presentando una mayor capacidad de asimilación de los contenidos, que se transformarán en conocimientos.

Desde el primer momento se le proporcionará al alumno las indicaciones sobre el trabajo final de la visita al museo, que será la elaboración de una exposición con la documentación en el proceso de indagación previo y en las estancias del museo, incluyendo la información escrita y gráfica, del exterior y del interior del museo.

Esta actividad, por lo tanto, constará de cuatro fases diferentes:

- La planificación de la visita por parte del profesor, con el objetivo de que tenga un interés concreto para los alumnos a los que va dirigida.
- El alumno indagará y se documentará sobre la ubicación del Museo Paleobotánico, el contenido de la exposición y su organización y la relevancia que tienen la Cuenca carbonífera de Puertollano en el propio museo, lo que contribuirá a incrementar la inquietud por la visita y a activar los conocimientos de la temática del museo, proporcionándole una perspectiva

dinámica y participativa a la actividad.

- La visita propiamente dicha, en la que con los conocimientos previos el alumno interpretará y comprenderá con mayor éxito los paneles y leyendas explicativas, así como los comentarios que el profesor o los guías del museo puedan hacerle a lo largo de la visita.
- La realización de una exposición por parte del alumno sobre el Museo Paleobotánico, en la que tendrá que plantear una síntesis de toda la información obtenida en la documentación previa y en las estancias del museo.

Una vez concluida la actividad se llevará a cabo su evaluación, que se realizará teniendo en cuenta los tres momentos clave del proceso y que son los siguientes:

1. Recogida de la información, en la que se evaluará la motivación e interés por la indagación a partir de los conocimientos previos, las aportaciones del profesor y la investigación del alumno.
2. Participación en la visita al museo, en la que se evaluará la actitud activa del alumno, así como el desarrollo de su propio método observacional e interpretativo.
3. Presentación de la síntesis de la actividad, en la que se evaluará el planteamiento y la capacidad creativa en la exposición de los contenidos.

Y finalmente, habrá que evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje, analizando el nivel de disfrute de los alumnos, el nivel de cumplimiento de los objetivos y la posible propuesta de mejora.

3.2. MUSEO PALEOBOTÁNICO DE CÓRDOBA

La actividad será realizada en el Museo Paleobotánico de Córdoba, que se encuentra albergado en el Museo Botánico. Este museo reúne la colección más importante que existe de fósiles vegetales del Carbonífero español, siendo la cuenca minera de Puertollano (Ciudad Real) una de las mejores representadas. El museo le dedica un área monográfica a la Cuenca Carbonífera de Puertollano, presentándola como *una Pompeya del Paleobotánico*.

Se trata de un museo que muestra una clara intención didáctica, facilitando la comprensión de los conocimientos que en él se recogen, así como “enseña a aprender” a partir de su análisis e interpretación, con un elevado rigor científico, fruto de la labor de la investigación de sus organizadores, cumpliendo las cuatro áreas museísticas, que son la investigación, la conservación, la didáctica y la exposición (Wagner et al., 2010). Además es un museo del que se tiene poca constancia entre los habitantes de Puertollano y alrededores, y consideramos adecuada su divulgación por el interés que presenta para el conocimiento del territorio que los alumnos habitan.

3.3. FUENTES PARA LA INVESTIGACIÓN PREVIA

Los alumnos indagarán sobre el Museo Paleobotánico a través de distintos enlaces web del propio museo y de la bibliografía concreta publicada.

En la web de Turismo de Andalucía incluye datos generales sobre la ubicación, el número de ejemplares que forman la colección y sus procedimientos, y la información de horarios, precios, información, localización y cómo llegar; en la del

Jardín Botánico de Córdoba se explica qué es la Paleobotánica y qué es el Museo de Paleobotánica, la colección que alberga, las líneas de investigación y quiénes son sus investigadores; y en la del Patronato Provincial de Turismo de Córdoba se presenta una breve información sobre el Museo Etnobotánico y Paleobotánico-Jardín Botánico de Córdoba y nos remite a la web oficial del Jardín Botánico.

Respecto a la bibliografía referente a los fondos del Museo Paleobotánico destacan:

El artículo de Wagner et al. (2010) “El Centro Paleobotánico del Jardín Botánico de Córdoba: museo y colección de flora carbonífera pérmica”, en el que los autores plantean las características, la composición del museo, los antecedentes, la conservación, el interés de la colección (investigación y divulgación), así como un resumen y las conclusiones finales.

En la *Revista Naturaleza Aragonesa*, nº 13, se recoge el artículo titulado “El Museo Paleobotánico del Jardín Botánico de Córdoba” de Montero y Wagner (2004), en el cual los autores realizan una introducción sobre la historia del museo, la colección y su procedencia, aspectos generales y organización general detallada de la exposición.

En el libro *Las floras terrestres a través de los tiempos geológicos* de Montero y Wagner (2008) se explica las líneas generales de la Paleobotánica en base a la exposición del Museo Paleobotánico de Córdoba, tratándose de un estudio de la fosilización de distintos restos de flora. Y concretamente tratan de forma exhaustiva la reconstrucción del *Omphalophloios puertollanense* y la escenografía de la Pompeya paleobotánica de la Cuenca minera de Puertollano.

En la Revista de divulgación paleontológica *Nautilus*, nº 1, Lomas Martín (2004) trata distintos aspectos de algunas plantas fósiles de la mina “Emma” de Puertollano, como son las *Lycopsidas* o los *Equisetos*, en relación a sus características y el contexto en el que se desarrollan.

3.4. BREVES APUNTES DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

El Museo Paleobotánico de Córdoba se encuentra ubicado en un edificio rehabilitado de la ribera derecha del río Guadalquivir, en el conocido como Molino de la Alegría (inaugurado en 2002). Se trata de un edificio que conserva muros de sillería medieval y renacentista (molino y batán), al que a principios del s. XX se le añadieron dos plantas, con estructura de ladrillo (estación hidroeléctrica), que cayó en desuso a mediados del s. XX.

En relación a las características generales del museo, decir que alberga la colección de fósiles más importantes de España, con unos 1.500 ejemplares, principalmente de edades carboníferas y pérmicas, de procedencia mayoritaria de España, pero también existen importantes fondos de otras partes de Europa, de Australia, Norteamérica y otras áreas.

Respecto a los aspectos generales de la exposición cabe destacar que el hilo conductor es el tiempo geológico. En el piso inferior se ubican las floras paleozoicas y en el superior mesozoicas y cenozoicas (el período Pérmico aparece representado en los dos pisos pues actúa de nexo). Tres elementos expositivos tienen su prolongación en ambos pisos: la tabla de los tiempos geológicos, la construcción en resina a tamaño natural de un *Omphalophloios* (isoetal arbórea carbonífera, de 4,5

m) y el panel interactivo de la distribución temporal de los principales órdenes vegetales. Presenta cuadros explicativos de la situación de los océanos, la plataforma continental, la tierra emergida y la situación aproximada del territorio peninsular de las distintas edades. Y destaca como monográfico “La Pompeya paleobotánica” de la Cuenca carbonífera de Puertollano, con la fosilización y preservación de un ambiente de marisma paleozoica.

El paisaje en la Cuenca de Puertollano hace 295 millones de años estaba formado por grandes extensiones de bosque (*calamites*, *omphalophloios* y helechos) en amplias zonas pantanosas con volcanes activos. Un volcán cercano provocó un viento huracanado, que expulsó gases con la onda expansiva y después una lluvia de cenizas. La lluvia de cenizas formó una capa de 30 cm de espesor, que se consolidó encerrando los fósiles caídos al suelo. Se preservó una flora de régimen pantanoso de final del Pensilvánico, que en la época actual la actividad extractiva de las minas puso al descubierto la capa de ceniza intercalada en la capa de carbón, convirtiéndolo en un importante yacimiento fosilífero de final del Carbonífero.

A partir de miles de fósiles recogidos de raíces, tronco o tallo, ramas, hojas y semillas han reconstruido el *Omphalophloios puertollanense*, una isoetal gigante. Se trata de grandes fragmentos, preservados de forma excepcional por una lluvia de cenizas volcánicas.

El *Omphalophloios*, perteneciente a las *lycopsidas*, se trataba de un tipo de árbol con muy poca madera, con la base del tronco hinchada y pequeñas raíces que agarraban la tierra en un suelo empapado de agua (masa vegetal propia de un clima tropical húmedo). A pesar de sus dimensiones se le supone mayor fragilidad ante acontecimientos mecánicos del bosque actual, por lo que contribuiría a una alta acumulación orgánica que originaría *a posteriori* el carbón mineral.

3.5. EJEMPLOS DE LA PRESENTACIÓN DE LOS ALUMNOS

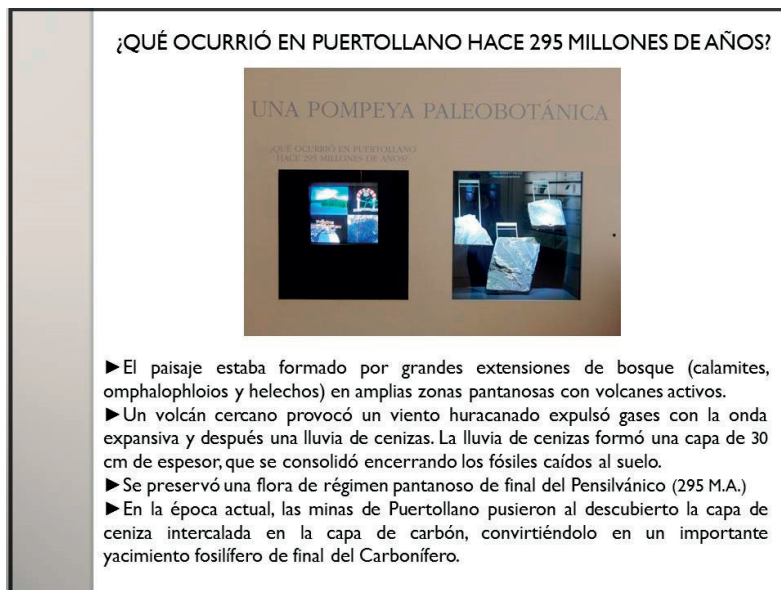
Finalmente, los alumnos realizarán una presentación de la síntesis del trabajo de investigación y de la visita al museo. A modo de ejemplo se presentan dos de las diapositivas (Figuras 1 y 2).

4. CONCLUSIÓN

El museo es un recurso beneficioso para la formación integral de las personas, pues nos informa, educa y sensibiliza para el esparcimiento y la recreación. Y con el desarrollo de esta aplicación didáctica, los alumnos se acercarán al museo con una perspectiva más dinámica y participativa, dejando de ser meros espectadores de lo que allí encuentren, convirtiéndose en agentes activos del proceso de aprendizaje. Así el museo se convertirá en un espacio vivo para los alumnos, lo que les permitirá alcanzar un mayor aprovechamiento de la visita (Moreno-Nevado, 2016), un Museo Didáctico que “enseña a aprender”, partiendo del análisis e interpretación de la cultura material y que contribuye al descubrimiento (García, 1988).

Y en este caso concreto, con esta actividad se pretende acercar al alumno a un museo del que se tiene escaso conocimiento entre los habitantes de Puertollano y alrededores, dado el papel destacado que la Cuenca carbonífera de Puertollano tiene

Figura 1. Explicación de lo ocurrido en la Cuenca de Puertollano a finales del Carbonífero.



Fuente: Moreno-Nevado, 2016

Figura 2. Reconstrucción de un *Omphalophloios* a partir de restos fósiles de la Cuenca de Puertollano.



Fuente: Moreno-Nevado, 2016

en el museo, en el que se exponen distintos restos fósiles, una escenografía de lo que denominan una Pompeya paleobotánica de esta cuenca hullera y la reconstrucción del *Omphalopholios puertollanense*, a partir de los fósiles y fragmentos obtenidos de forma excepcional por una lluvia de cenizas volcánicas. Además, los alumnos comprenderán que el aspecto de la vegetación en los distintos intervalos del tiempo geológico fue bastante diferente del actual, debido a diversos aspectos, entre los que destaca la propia evolución de la flora o las características climáticas de la zona en que se desarrolla.

Finalmente decir que la evaluación de esta aplicación didáctica se realizará en base al proceso de enseñanza-aprendizaje, teniendo en cuenta tanto el trabajo realizado por los alumnos como por el docente, valorando la implicación de los alumnos en el desarrollo de la actividad, los conocimientos adquiridos, el grado de consecución de los objetivos y la comunicación y complicidad entre profesor, museo y alumno.

5. REFERENCIAS

FERNÁNDEZ, M. 2003: “Los museos espacios de cultura, espacios de aprendizaje”. *IBER. Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, 36:55-61.

GARCÍA, A. 1988: *Didáctica del Museo. El descubrimiento de los objetos*. Madrid, Ediciones de la Torre, 172 p.

JARDÍN BOTÁNICO DE CÓRDOBA. <http://www.jardinbotanicodecordoba.com/>. Consulta 8 de octubre de 2017.

MACEIRA, L. 2008: “Los museos: espacios para la educación de personas jóvenes y adultas”. *Revista Decisio. Saberes para la Acción en Educación de Adultos*, mayo-agosto: 47-75.

MORENO-NEVADO, M. 2016: *El paisaje del río Ojailén: aplicaciones didácticas de Geografía para alumnos de Educación Secundaria*. Tesis Doctoral, UCLM, 494 pp.

MONTERO, A. & WAGNER, R.H. 2004: “El Museo Paleobotánico del Jardín Botánico de Córdoba”. *Naturaleza Aragonesa*, 13: 76-82.

MONTERO, A. & WAGNER, R.H. 2008. *Las floras terrestres a través de los tiempos geológicos*. Córdoba, IMGEMA, Jardín Botánico de Córdoba, 79 p.

PATRONATO PROVINCIAL DE CÓRDOBA. <http://www.cordobaturismo.es/es/contenido/1889/museo-etnobotanico-y-paleobotanico-jardin-botanico-de-cordoba>. Consulta 8 de octubre de 2017.

LOMAS MARTÍN, J.C. 2004: “Sobre algunas plantas fósiles de la mina Emma de Puertollano”. *Nautilus, Revista de divulgación paleontológica*, 1:4-20.

TURISMO DE ANDALUCÍA-PALEOBOTÁNICO DE CÓRDOBA. <http://www.andalucia.org/es/turismo-cultural/visitas/cordoba/museos/museo-de-paleobotanica/>. Consulta 8 de octubre de 2017.

UNESCO (2007): “Definición de Museo”. <http://icom.museum/la-vision/definicion-del-museo/L/1/>. Consulta 8 de septiembre de 2017.

WAGNER, R.H. MONTERO, A. & ÁLVAREZ-VÁZQUEZ: C. 2010. “El Centro Paleobotánico del Jardín Botánico de Córdoba: museo y colección de flora carbonífera/pérmica”, en Gómez Vintaned, J.A. (ed.): *XI Jornadas Aragonesas de Paleontología. La Paleontología en los museos. Homenaje al profesor Eladio Liñán Guijarro*. Institución “Fernando el Católico”, pp. 41-53.

MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO BIOGEOGRÁFICO HISTÓRICO DE LOS ABETALES EN EL SUR DE LOS PIRINEOS

Albert Pèlach Mañosa¹, Virginia Carracedo Martín², Juan Carlos García Codron³, Raquel Cunill-Artigas⁴, Jordi Nadal Tera⁵, Joan Nunes Alonso⁶, Aaron Pérez-Haase⁷, Ramon Pérez-Obiol⁸, Marc Sánchez Morales⁹, Joan Manuel Soriano López¹⁰ e Ignacio García-Amorena¹¹

^{1, 4, 5, 6, 9 y 10}*Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona*

^{2 y 3}*Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio., Universidad de Cantabria*

⁷*Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona*

⁸*Unitat de Botànica, Dep. de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona*

¹¹*Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, Universidad Politécnica de Madrid*

¹*albert.pelachs@uab.cat*, ²*virginia.carracedo@unican.es*, ³*juan.garciacodron@unican.es*, ⁴*cunillraquel@gmail.com*, ⁵*jordi.nadal@uab.cat*, ⁶*joan.nunes@uab.cat*, ⁷*jaaronperez@ub.edu*, ⁸*ramon.perez@uab.cat*, ⁹*marc.sanchez.morales@uab.cat*, ¹⁰*joanmanuel.soriano@uab.cat*, ¹¹*ignacio.garciaamorena@gmail.com*

RESUMEN:

Con el objetivo principal de aportar nuevas evidencias que permitan conocer con precisión la distribución de los abetales en el pasado, se presenta un trabajo basado en distintas técnicas y métodos que proporciona nuevos datos sobre su migración postglacial y su distribución geográfica y permite valorar su importancia en el pasado en relación al clima y la actividad humana. Las metodologías utilizadas se basan en la combinación de técnicas paleoambientales (palinología, pedoantracología, macrorrestos vegetales...) pero también trabajo de campo y estudios de ADN de distintas poblaciones surpirenaicas. Se demuestra la mayor distribución pasada de los abetales en la vertiente sur pirenaica tanto en extensión como en otros pisos de altitud, además de mostrar la importancia del trabajo pluridisciplinar y de campo para encontrar localidades meridionales lejos del área de distribución óptima.

Palabras clave: *Abies alba*, ADN, Macrorrestos vegetales, Palinología, Pedoantracología.

ABSTRACT (Techniques and methods for the biogeographical and historical study of the firs of southern Pyrenees):

The main objective of this work is to provide new evidences in order to get know the distribution of fir during the past. For doing so, we performed a work based on different techniques and methods, which provide new data about firs postglacial migrations, geographic distribution and allows to assess its importance in past in relation to both climate and human activity. We used methodologies based on the combination of paleoenvironmental techniques (palynology, pedoanthropology, plant macroremains ...) and also fieldwork and DNA studies of different populations of the southern Pyrenees. We demonstrated the larger distribution of firs in past throughout the southern Pyrenees not only in extension but also in other altitude stages, highlighting the importance of multidisciplinary and field work when finding meridional populations far from the optimal distribution area.

Keywords: *Abies alba*, DNA, Macroremain, Palynology, Pedoanthracology

1. INTRODUCCIÓN

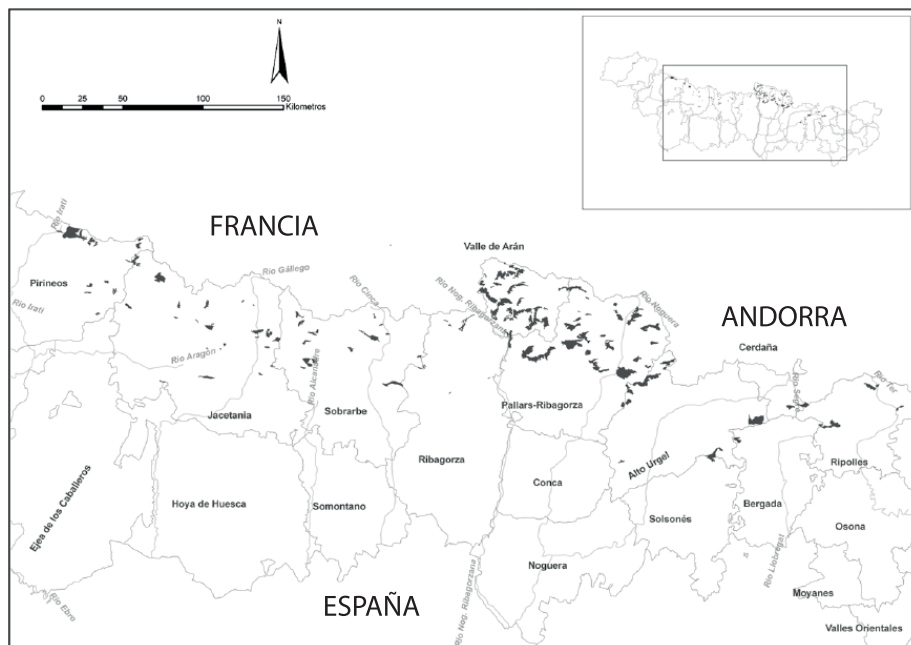
La alta montaña se ha considerado tradicionalmente una de las áreas más sensibles y vulnerables a los cambios ambientales pronosticados para el siglo XXI y una de las áreas prioritarias de atención. Todo esto llevó a la creación del programa *Mountain Research*, cuyos objetivos han sido la monitorización, el análisis de los cambios ambientales, la identificación de los procesos y el desarrollo de políticas de gestión (Becker & Bugmann, 2001). Una de sus conclusiones ha sido que para la conservación de las zonas de montaña se debe tomar en consideración la influencia humana en los sistemas naturales. Además, a partir de técnicas paleobotánicas se está demostrando que esta influencia puede venir de muy antiguo y por lo tanto los sistemas ecológicos deben ser estudiados a largo plazo (Catalan, et al., 2017).

A partir de esta premisa se presenta un estudio basado en la distribución actual de los abetales de *Abies alba* en el sur de los Pirineos que complementa y amplía las informaciones aportadas en anteriores Congresos de Biogeografía (Soriano et al., 2016). Y es que cada vez son más las investigaciones en curso que demuestran que la distribución de *Abies alba* en los Alpes durante el Holoceno pudo ser mucho más extensa y ocupar pisos altitudinales más bajos (Schneider & Tobolski, 1985; Tinner et al., 1999; Wick & Möhl, 2006). En los Pirineos podría confirmarse esta idea después de que la palinología (Jalut et al., 1988; Pélachs et al., 2009; Galop et al., 2013) y la pedoantracología hayan encontrado indicios razonables de una distribución mayor (Serra et al., 2012). Otra cuestión de actualidad es la interpretación de la colonización de *Abies* y la presencia de zonas refugio. Algunos autores han puesto de manifiesto la localización de macrorrestos anteriores a 12.000 años cal BP en el Cantábrico (Liepert et al., 2009). Un tema de debate muy interesante es por qué no hay abetales hacia el oeste más allá de la selva de Irati (Alba Sánchez et al., 2010). En la península Ibérica hay muy pocos estudios de ADN de *Abies* con suficientes poblaciones (Sancho-Knapik et al., 2014) pero sí en la vertiente septentrional, donde Bruno Fady ha analizado 45 poblaciones

que actualmente son una referencia pirenaica en un laboratorio del INRA (Unidad de Investigación 629 “Ecologie des Forêts Méditerranéennes” (URFM), Centre de recherche PACA, Avignon, France). Por otro lado, diferentes modelos realizados desde una perspectiva topoclimática de *Abies alba* en el Pirineo (Alba et al., 2009; Alba et al., 2010; Serra-Díaz et al., 2012) ponen en evidencia que la extensión actual del abeto en la península Ibérica es mucho más reducida de lo que podríamos esperar (Figura 1). Según el modelo de Alba Sánchez (2009), la cobertura actual es tan solo el 30% de su potencial geográfico óptimo y apuesta por un gradiente altitudinal en el pasado más amplio que el actual.

Con el objetivo principal de aportar nuevas evidencias que permitan conocer con precisión la distribución de los abetales en el pasado, se presenta un trabajo basado en distintas técnicas y métodos que proporciona nuevos datos sobre su migración postglacial y su distribución geográfica y permite valorar su importancia en el pasado en relación al clima y la actividad humana.

Figura 1. Área de distribución actual de las principales poblaciones de *Abies alba*.



Fuente: Adaptación a partir de Alba et al. (2009).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de la distribución actual de *Abies alba* se trabaja con distintos materiales: 1) Datos paleobotánicos a partir de la recuperación de registros sedimentarios (palinología, macrorrestos vegetales, etc.); 2) Trabajo de campo (pedoantracología, estudio de la distribución actual y recogida de muestras para el estudio del ADN y el índice estomático); 3) Trabajo de laboratorio para integrar estos datos en un SIG

y modelizar distintos parámetros.

2.1. ANÁLISIS POLÍNICOS

Tratamiento físico-químico estándar de las muestras. Para la identificación y recuento de los taxones esporopolínicos y otros palinomorfos se utilizan las colecciones de referencia apropiadas para el ámbito de estudio y claves de identificación o atlas (e.g., Moore et al., 1991; Reille, 1992, 1998). El recuento de esporas de hongos coprófilos constituye la base metodológica fundamental para cuantificar la actividad ganadera desde los últimos milenios hasta nuestros días. Sus resultados nos informan de la evolución de la vegetación (análisis polínico) y del medio en que se han formado los sedimentos (palinofacies). La representación gráfica de los resultados en distintos diagramas de frecuencias relativas y absolutas, después de realizar los cálculos estadísticos oportunos, así como su interpretación, completan el análisis palinológico.

2.2. MACRORRESTOS VEGETALES

Estudiar las comunidades vegetales del pasado y compararlas con las actuales. Los macrorrestos vegetales de sedimentos (p.ej., maderas, semillas, acículas y otras hojas, etc.) se obtienen de dos modos: 1) Por filtración y flotación con agua destilada mediante un tamiz de 300 μm y otro de 150 μm (Smol et al., 2003) aprovechando las mismas muestras que se usan para el análisis polínico. 2) Cuando la cantidad de muestra lo permite, a partir de un método específico según Mauquoy et al., (2010) que disuelve la muestra con KOH (5%), agua destilada y aplicando calor sin llegar a la ebullición.

La conservación de todos los macrorrestos vegetales una vez seleccionados se hace con una disolución de agua y alcohol y glicerina si se considera que no se datarán. Esto es especialmente importante en el caso del género *Sphagnum* con el fin de evitar el desprendimiento de las hojas del tallo, que son altamente distintivas de muchas especies, con lo cual se espera lograr la identificación a nivel de especie (Mauquoy et al., 2010). Los macrorrestos no susceptibles de sufrir alteraciones en un proceso de secado (ej.: acículas, carbones, restos leñosos subfósiles, frutos y semillas en buen estado de conservación), se desecarán a temperatura ambiente y se conservarán en cámara frigorífica a 2°C.

Los macrorrestos recolectados en sondeos superficiales (troncas y otros restos leñosos, frutos, piñas, cortezas...), se desecan a temperatura ambiente y se conservan en cámara frigorífica a 2°C. Sobre los restos recuperados se procede a su determinación taxonómica siempre que sea posible.

2.3. PEDOANTRACOLOGÍA

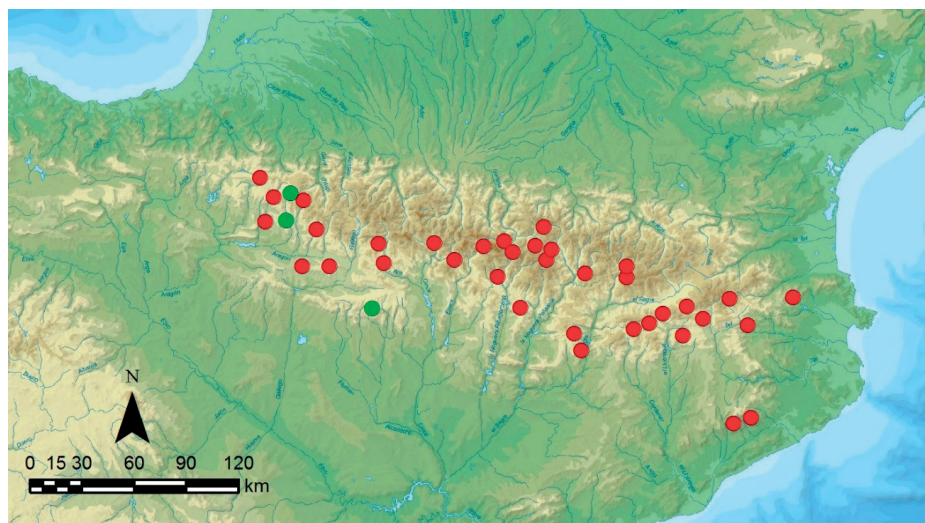
La metodología utilizada se basa en la realización de fosas de muestreo siguiendo un transecto preestablecido mediante el conocimiento biogeográfico de la zona. La metodología de trabajo se basa en el método pedoantracológico estándar descrito por Talon, Carcaillet y Thinon (1998). Cada fosa es descrita pedológicamente lo que permite definir los niveles de muestreo del perfil edáfico. Por cada nivel se extraen

entre 5 y 10 kg de tierra. Una vez en el laboratorio, las muestras se dejan secar y se prosigue con su tamizado con agua. El paso siguiente es el aislamiento manual de los carbones divididos en tres tamaños: 0,8–2,0 mm, 2,0–5,0 mm y >5,0 mm. El paso siguiente es la identificación taxonómica a nivel de especie o de género mediante el microscopio episcópico. El último paso consiste en la realización de dataciones radiocarbónicas de un número representativo de carbones. Mediante la cuantificación de carbón, la identificación de la especie y la datación llegamos a conocer si había o no árboles o arbustos en el lugar, a qué especie o género pertenecían y cuándo se encontraban ahí.

2.4. ANÁLISIS ADN

El trabajo de campo ha permitido el estudio de diferentes poblaciones de abeto (entre el Montseny e Irati) a partir de los marcadores genéticos contenidos en las hojas de los árboles. La comparación entre estructuras genéticas permitirá conocer y diferenciar el origen geográfico de las poblaciones de abeto y las principales vías de migración de la especie durante el periodo post-glacial. El proyecto global incluye el estudio de 39 localidades geográficas con abeto repartidas por todo el Pirineo meridional y zonas limítrofes que se han agrupado en 29 poblaciones (Figura 2) repartidas por tres Comunidades Autónomas (Navarra, Aragón y Cataluña). Cuando ha sido posible, se han recolectado 30 árboles por población y se ha recogido un gramo de hojas de cada árbol que han sido debidamente secadas con silicagel. En total se han procesado más de 1000 muestras y se han recogido variables no paramétricas asociadas a cada localidad que permiten caracterizar la actual distribución de *Abies alba*.

Figura 2. Mapa de localidades de *Abies alba* incluidas en el estudio.



Nota. En rojo localidades prospectadas por el Geohist18k; en verde colaboración con el IPE (J.J. Camarero). Elaboración propia a partir de Pyrenees topographic map-ca.svg (Wikimedia Commons 30-11-2017).

2.5. ÍNDICE ESTOMÁTICO

A partir de las acículas fósiles de *Abies alba* (García Álvarez et al., 2014) y de la proporción de las estomas en relación con las células epidérmicas, se realizará la reconstrucción de los niveles de CO₂ como indicador climático. La calibración ha sido posible con las mismas muestras de *Abies alba* recolectadas para el análisis de ADN. Para una correcta calibración se trabaja con muestras de 3 acículas en tres árboles cada 100 metros de desnivel para medir la variación en parámetros estomático a medida que disminuye la presión parcial del CO₂ atmosférico (Lin et al., 2001; McElwain, 2004).

3. PRINCIPALES RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis polínicos confirman la importancia de la presencia pretérita de *Abies alba* durante todo el Holoceno en la mayoría de las localidades estudiadas. Distintos diagramas polínicos confirman valores muy superiores a los de la actualidad a lo largo del Holoceno medio, lo cual permite confirmar un área de distribución mucho más extensa.

Los macrorrestos vegetales han permitido caracterizar determinadas situaciones climáticas características durante el Holoceno y a su vez han servido para ubicar mejor la presencia de los abetos.

Los estudios pedoantracológicos han permitido atestiguar la presencia de *Abies alba* en distintas altitudes y orientaciones que exceden las consideradas de forma general a partir de la distribución actual. En este sentido, hay que destacar los nuevos datos aportados por la pedoantracología para la zona de distribución más meridional de toda la península Ibérica: el Montseny. Los datos constatan la presencia pasada de *Abies alba* en distintas orientaciones y zonas alejadas de los actuales abetales (Figura 3).

El análisis del ADN y de índice estomático se encuentra en la fase de laboratorio. Aunque el trabajo de campo realizado para la obtención de acículas para la extracción de ADN e índices, ha permitido obtener una gran cantidad de datos no paramétricos complementarios. Es decir, para 27 de las 29 poblaciones analizadas se dispone de la localización del abeto, el diámetro de su tronco, las principales especies leñosas acompañantes, la orientación, la altitud y algunas observaciones acerca de la parcela concreta. El método de muestreo ha perseguido la accesibilidad, la homogeneidad de la masa -sin obviar zonas colindantes extremas- y la separación de los árboles un mínimo de 30 m de distancia entre ellos porque el objetivo es el estudio del ADN y por lo tanto, su interpretación espacial tiene un determinado sesgo. No obstante, a partir de ellos se pueden discutir algunas características de la distribución biogeográfica actual que, a menudo, no se consideran en los estudios biogeográficos que tratan las principales poblaciones:

1. La población con *Abies alba* más oriental de la península Ibérica se encuentra cerca de la población de Maçanet de Cabrenys a 35 km del mar Mediterráneo en línea recta. Mientras que la población más meridional se ha localizado en el Montseny, en concreto en el valle de Vallfornés (municipio Tagamanent) donde los abetos se encuentran compartiendo nicho ecológico con *Fagus*

sylvatica y *Quercus ilex*. Como ya era conocido, la población más occidental está en Irati en Navarra y también es la más septentrional.

- 2. De los 1.041 abetos estudiados en el 51% de los casos estaba acompañado de *Pinus sylvestris*, mientras que para el 36% de los casos de *Fagus sylvatica* o *Buxus sempervirens*. Las principales especies acompañantes se indican en la tabla 1.

Figura 3. Pedoantracología e identificaciones de *Abies alba* en el Montseny.

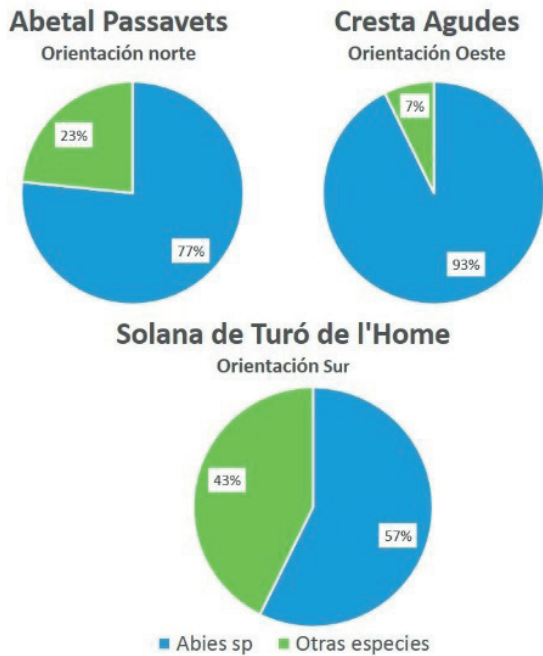


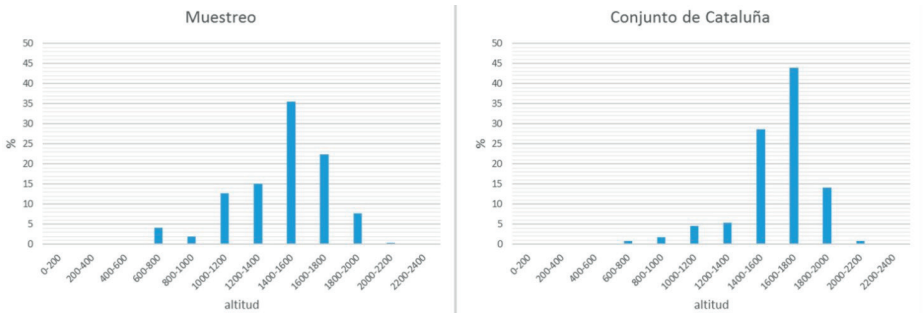
Tabla 1. Resumen de los datos obtenidos en el trabajo de campo

Árboles	%	Arbustos	%
<i>Pinus sylvestris</i>	50,4	<i>Buxus sempervirens</i>	35,8
<i>Fagus sylvatica</i>	36,0	<i>Juniperus communis</i>	19,5
<i>Corylus avellana</i>	20,1	<i>Ilex aquifolium</i>	9,9
<i>Sorbus aucuparia</i>	16,5	<i>Crataegus monogyna</i>	8,4
<i>Betula pendula</i>	16,3	<i>Rosa</i> sp.	7,2
<i>Pinus uncinata</i>	15,1	<i>Rhododendron ferrugineum</i>	6,4

Elaboración propia.

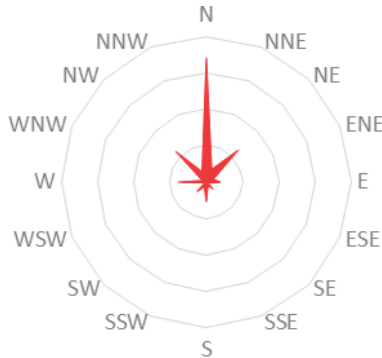
3. Por lo que respecta a las altitudes donde se encuentran los individuos muestreados, el de la cota más baja está a poco más de 600 msnm, en el Pirineo aragonés, mientras que el más alto alcanza los 2.122 metros y se localiza en el Pirineo central, cerca del Valle de Arán. En la Figura 4 se puede ver el histograma correspondiente al número de individuos muestreados y, para tener una referencia, se ha comparado con el del inventario forestal de Catalunya (Gracia et al., 2004). Esta comparación permite constatar el interés que ha guiado nuestro trabajo de campo por incluir situaciones periféricas (por ejemplo, las cotas más bajas se encuentran sobre-representadas).

Figura 4. Distribución altitudinal de *Abies alba* muestreado.



La sensibilidad a la hora de muestrear abetos en orientación sur ha dado como resultado que un 15% (Figura 5) de los individuos presentan esta exposición, un porcentaje muy superior a la media de los trabajos sobre abetales.

Figura 5. Orientación de *Abies alba* muestreado.



4. CONSIDERACIONES FINALES

La combinación de métodos y técnicas usados para el estudio biogeográfico de *Abies alba* son complementarios. Todas las técnicas permiten aportar nuevas evidencias de la distribución pasada y presente de los abetales. El estado actual de conocimientos ya permite afirmar que: 1) Durante el Holoceno existió una mayor distribución y extensión de los abetales en la vertiente sur pirenaica. 2) *Abies alba*

ocupaba pisos de vegetación distintos a los actuales. 3) Su distribución varía con los cambios climáticos pero también con la influencia humana. 4) El trabajo de campo ha aportado evidencias de localidades meridionales lejos del área de distribución óptima en altitudes y orientaciones poco favorables.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido posible a partir del proyecto coordinado “Estudio biogeográfico histórico comparado (Montaña Cantábrica, Sistema Central y Pirineos): 18000 años de cambios climáticos y antrópicos sobre especies forestales indicadoras (CSO2015-65216-C2-1-P)”, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MEC), a partir del “Grup de Geografia Aplicada (2014 SGR 1090)”, financiado por AGAUR, Generalitat de Catalunya y a partir del proyecto “Los bosques del pasado como clave para comprender los bosques del futuro: dinámica histórica de los abetales en la vertiente sudoriental pirenaica (CSO2015-74008-JIN)”, financiado asimismo por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

5. REFERENCIAS

- ALBA, F., LÓPEZ SÁEZ, J.A., BENITO, B. & LÓPEZ-MERINO, L. 2009: “Historia paleoecológica y modelo de idoneidad de *Abies alba* Mill. en la cordillera pirenaica”. *Pirineos*, 164: 93-116.
- ALBA, F., LÓPEZ-SÁEZ, J.A., BENITO, B., LINARES, J.C., NIETO, D. & LÓPEZ-MERINO, L. 2010: “Past and present potential distribution of the Iberian *Abies* species: a phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution models”. *Diversity and Distributions*, 16(2):214-228.
- BECKER, A., BUGMANN, H. 2001: *Global change and mountain regions*. Stockholm, IGBP Report, 49 p.
- CATALAN, J.; NINOT, J.M. & ANIZ, M.M. 2017: *High Mountain Conservation in a Changing World. Advances in Global Change Research* 62. Cham, Switzerland, Springer.
- GALOP, D., RIUS, D., CUGNY, C. & MAZIER, F. 2013: “A History of Long-Term Human–Environment Interactions in the French Pyrenees Inferred from the Pollen Data”, en: Lozny, L.R. (ed.) *Continuity and Change in Cultural Adaptation to Mountain Environments*. New York, Springer: 19-30.
- GARCÍA ÁLVAREZ, S., MORLA, C., PAULL, R. & GARCÍA-AMORENA, I. 2014: “A taxonomic tool for identifying needle remains of south-western European *Pinus* species of the Late Quaternary”. *Botanical Journal*, 175(2):282-298.
- GRACIA C., IBÁÑEZ J.J., BURRIEL J.A., MATA, T. & VAYREDA J., 2004: *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Catalunya*. Bellaterra, CREAF.
- JALUT, G., GALOP, D., BELET, J.M., AUBERT, S., ESTEBAN, A., BOUCHETTE, A., DEDOUBAT, J.J.I. & FONTUGNE, M., 1998: “Histoire des forêts du versant nord des Pyrénées au cours des 30000 dernières années”. *Journal de la Société Botanique Française*, 5:73–84.

LIEPELT, S., CHEDDADI, R., DE BEAULIEU, J.L., FADY, B., GÖMÖRY, D., HUSSENDÖRFER, E., KONNERT, M., LITT, T., LONGAUER, R., TERHÜRNE-BERSON, R. & ZIEGENHAGEN, B., 2009: "Postglacial range expansion and its genetic imprints in *Abies alba* (Mill.) A synthesis from palaeobotanic and genetic data". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 153:139-149.

LIN, J.; JACH, M.E. & CEULEMANS, R. 2001: "Stomatal density and needle anatomy of Scots pine (*Pinus sylvestris*) are affected by elevated CO₂". *New Phytologist*, 150(3):665-674.

MATTHEWS, T.J., BORGES, P.A.V., BRITO, E. & WHITTAKER, R.J. 2017: "A biogeographical perspective on species abundance distributions: recent advances and opportunities for future research". *Journal of Biogeography*, 44:1705-1710.

MAUQUOY, D., HUGHES, P.D.M. & VAN GEEL, B. 2010: "A protocol for plant macrofossil analysis of peat deposits". *Mires and Peat*, 7(6): 1-5.

MCELWAIN, J.C. 2004: "Climate-independent paleoaltimetry using stomatal density in fossil leaves as a proxy for CO₂ partial pressure". *Geology*, 32(12): 1017-1020.

MOORE, P.D., WEBB, J.A. & COLLINSON, M.E. 1991: *Pollen analysis*. London, Blackwell.

PÈLACHS, A.; NADAL, J.; SORIANO, J.M.; MOLINA, D. & CUNILL, R. 2009: "Changes in Pyrenean woodlands as a result of the intensity of human exploitation: 2,000 years of metallurgy in Vallferrera, northeast Iberian Peninsula". *Vegetation History and Archeobotany*, 18(5):403-416.

REILLE, M. 1992: *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord*. Marseille, Lab. Bot. Hist. Palyno.

REILLE, M. 1998: *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 2*. Marseille, Laboratoire de botanique historique et de palynologie.

SANCHO-KNAPIK, D., PEGUERO-PINA, J.J., CREMER, E., CAMARERO, J.J., FERNÁNDEZ-CANCIO, Á., IBARRA, N., KONNERT, M. & GIL-PELEGRÍN, E. 2014: "Genetic and environmental characterization of *Abies alba* Mill. populations at its western rear edge". *Pirineos*, 169:e007.

SCHNEIDER, R. & TOBOLSKI, K., 1985: "Lago di Ganna-Late-glacial and Holocene environments of a lake in the Southern Alps". *Dissertationes Botanicae*, 87: 229-271.

SERRA-DIAZ, J.M., NINYEROLA, M. & LLORET, F., 2012: "Coexistence of *Abies alba* (Mill.) – *Fagus sylvatica* (L.) and climate change impact in the Iberian Peninsula: A climatic-niche perspective approach". *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 207(1): 10-18.

SMOL, J.P., BIRKS, H.J.B. & LAST, W.M. 2003: *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators*. Dordrecht, Netherland, K. A. Publishers.

SORIANO LÓPEZ, J.M., PÈLACHS, A., PÉREZ-OBOL, R., RODRÍGUEZ, J.M. & CUNILL, R. 2016: "Dinámica del abeto en el Pirineo catalán durante los últimos 10.000 años", en Gómez-Zotano, J., Arias García, J., Olmedo, J.A. & Serrano, J. (eds). *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*.

Granada, Editorial Universidad de Granada: 544-552.

TALON, B., CARCAILLET, C. & THINON, M. 1998: "Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les Alpes françaises". *Géographie physique et Quaternaire*, 52:195–208

TINNER, W., HUBSCHMID, P., WEHRLI, M., AMMANN, B. & CONEDERA, M. 1999: "Long-Term Forest Fire Ecology and Dynamics in Southern Switzerland". *Journal of Ecology*, 87(2): 273–289

WICK, L. & MÖHL, A. 2006: "The mid-Holocene extinction of silver fir (*Abies alba*) in the Southern Alps: a consequence of forest fires? Palaeobotanical records and forest simulations". *Vegetation History and Archaeobotany*, 15:435–444.

CONCEPCIONES Y APLICACIÓN DIDÁCTICA SOBRE LA UNIÓN DE LOS RÍOS GUADIANA Y BULLAQUE: CONSERVACIÓN A TRAVÉS DEL CONOCIMIENTO BIOGEOGRÁFICO

Gema Sánchez Emeterio ¹ y María Cristina Díaz Sanz²

¹*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Educación de Toledo, UCLM*

²*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Letras, UCLM*

¹*Gema.sanchez@uclm.es*, ²*MCristina.Diaz4@alu.uclm.es*

RESUMEN:

Tradicionalmente, los aspectos biogeográficos han sido poco tratados en las Facultades de Educación, siendo numerosas las competencias que sus contenidos aportan a la mejora y conservación del paisaje. Por ello, el principal objetivo de este trabajo es que los estudiantes reconozcan la ciencia biogeográfica, los factores que condicionan la distribución de especies y la región biogeográfica mediterránea. Para ello, se ha desarrollado una propuesta didáctica, centrada en el entorno de la junta de los ríos Guadiana y Bullaque, y se han aplicado cuestionarios antes y después del desarrollo de la programación. Se ha trabajado con una muestra de 111 estudiantes de segundo y cuarto curso de Educación Primaria de la Facultad de Educación de Toledo. Los principales resultados obtenidos muestran que los estudiantes han mejorado su conocimiento y concepciones sobre aspectos biogeográficos clave y consideran que la Biogeografía debe ser trabajada en aulas de Educación Primaria.

Palabras clave: Biogeografía, Grado en Maestro de Educación Primaria, Ríos Bullaque y Guadiana, concepciones e itinerario didáctico.

ABSTRACT (Conservation through biogeographic knowledge: conceptions of students and didactic proposal in the union of the rivers guadiana and bullaque, applied to the degree of master in primary education)

Traditionally, biogeographical aspects have been little studied in the Faculties of Education, being many competencies that its contents contribute to the improvement and conservation of the landscape. Therefore, the main objective of this work is that students recognize biogeographic science, factors affecting

species distribution and the Mediterranean biogeographical region. To do so, an educational proposal, focused on the Bullaque and Guadiana rivers confluence, has been developed and questionnaires have been applied before and after the development of the programming. It has worked with a sample of 111 students in second and fourth year of Primary Education Teacher Training in the Toledo Faculty of Education. The main results show that students have improved significantly their knowledge on key biogeographical aspects and consider biogeography should be worked in elementary school.

Keywords: Biogeography, initial teacher training, Bullaque y Guadiana rivers, conceptions and didactic itinerary

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del paisaje ha cobrado una importancia creciente, tanto en la educación formal como en la no formal, causado por el deterioro del entorno y el abandono de los modos, usos y costumbres tradicionales (Martínez & Arrébola, 2016).

Son numerosas las acciones que se han puesto en marcha y que se llevan a cabo para potenciar el cuidado y respeto del paisaje, como por ejemplo el Convenio Europeo del Paisaje (firmado en Florencia en el 2000 y ratificado en España a finales 2007). Entre sus medidas específicas, destaca la formación y valoración del paisaje; por lo que la enseñanza no se puede quedar al margen.

Giner de Los Ríos, ya en 1876, “promovió una perspectiva reformista y liberal que cifró en la mejora de la educación, en la renovación radical de la enseñanza, el fundamento de sus propuestas de actuación. Dentro de esa perspectiva, el contacto directo con la naturaleza y el paisaje, el cultivo regular de los viajes y las excursiones constituyeron una de sus claves definitorias” (visto en Ortega, 2000:202). Para Giner y sus seguidores “el acercamiento al paisaje, el contacto directo con el paisaje, es un medio muy valioso para educar al hombre” (visto en Ortega, 2002:173). La enseñanza de la Geografía debería contribuir a la formación de ciudadanos que realicen una mirada crítica a la realidad que nos rodea (Calle de la, 2013), y para que ello ocurra, es necesario que los estudiantes adquieran las competencias que les hagan tener esa mirada. La Geografía es una ciencia idónea para alcanzar esta finalidad debido a la contribución que puede hacerse desde ella a los cada vez mayores desafíos sociales y ambientales (Gómez, 1993). Como disciplina de la misma, la Biogeografía se vuelve una aliada en la formación de personas críticas con la realidad que nos rodea al forjar un comportamiento responsable hacia el medio ambiente (Piñeiro, 1997; Sánchez, 1995 y 1997) y promover determinadas destrezas como trabajar con itinerarios didácticos que pueden ser utilizados dentro de los programas educativos.

Han sido muchos los autores que han destacado el gran potencial didáctico que poseen los itinerarios y las excursiones en la enseñanza de la Geografía (Marrón, 2001; Sánchez, 1995; Gómez, 1986), al producirse un aprendizaje significativo mucho mayor que utilizando cualquier otro recurso ya que el alumno recibe una comprensión más clara de los hechos geográficos y en colación biogeográficos.

La salida de campo y el itinerario didáctico posibilitan el aprendizaje significativo del espacio geográfico en el entorno que visitamos, por lo tanto permite alcanzar la finalidad de las ciencias sociales: comprender el mundo real (Pulgarin, 1998). El trabajo de campo fue introducido en nuestro país con fines pedagógicos dentro del ámbito geográfico a finales del siglo XIX, por la Institución Libre de Enseñanza (Piñeiro, 1997; Sánchez, 1995). Los itinerarios pedagógicos constituyen uno de los principales recursos didácticos al alcance del profesorado, son una herramienta utilizada dentro de la enseñanza-aprendizaje cuya finalidad se basa en promover la sensibilización y comprensión de factores que interactúan en los entornos físicos, naturales y sociales a través de una serie de actividades didácticas que consoliden dichos conocimientos y aprendizajes (Serrano de la Cruz, et al., 2016). Se enmarcan dentro de la educación patrimonial como perspectiva sensibilizadora que fomenta relaciones entre el individuo y el entorno, y durante este proceso se manifiesta la identidad del individuo (Morón & Pérez, 2016).

A través de la salida de campo puede cambiarse la forma de pensar del alumno/a sobre el ambiente, sobre su papel en la construcción del conocimiento haciéndose realidad la educación ambiental y adquieren las competencias necesarias para conocer y valorar las principales especies de flora y fauna del entorno para contribuir a su mejora y conservación, con un aprendizaje desde su propia experiencia. Es una estrategia didáctica desde la cual se promueve la comprensión del entorno. La consecuencia de aprender es haber llegado al pleno convencimiento de la importancia del trabajo de campo en las tareas educativas en general y en la didáctica de las ciencias experimentales y sociales en particular (García, 1999).

El medio nos ofrece un útil e importante recurso para la formación del futuro profesorado. Por ello este trabajo pretende fomentar dicho recurso abordando y contextualizando los conceptos del aula a través de las salidas de campo. Mostrarlo al alumnado como un recurso didáctico, fomentando a su vez en ellos la capacidad de investigación, la curiosidad y mostrarles las posibilidades didácticas que ofrece la naturaleza como gran aula viva. Como indica Vilarrasa (2003: 24) “en la sociedad postindustrial salir del aula representa la oportunidad de devolver al estudiante el contexto en el que la información adquiere su sentido y puede ser transformada en conocimiento al servicio de proyectos personales y autónomos”.

El futuro profesorado de educación primaria debe tener un interés claro y rotundo en considerar válidos, no solamente los aprendizajes generados a través de este tipo de estrategias educativas, sino que además, ha de ser consciente de la importancia y el valor de los mismos a la hora de favorecer y desarrollar los procesos de enseñanza-aprendizaje de su futuro alumnado (Martínez & García, 2008). Medir (2003) apostaba por una reforma y revisión educativa de las salidas fuera del aula que permita la puesta en valor de nuestro medio para alcanzar así la sostenibilidad medioambiental.

Bajo estas premisas se trabaja el entorno de la Junta de los ríos Guadiana y Bullaque, un espacio de gran valor e interés biogeográfico, por su alto valor natural y paisajístico, que ocupa el tramo final de río Bullaque y tramo medio del Guadiana. Las potencialidades didácticas de la Región Biogeográfica Mediterránea en general y de la zona concreta de estudio en particular dan lugar a aprovechar su patrimonio natural desde un punto de vista educativo. En este sentido, Luciana se presenta como un enclave privilegiado para desarrollar itinerarios didácticos.

El presente trabajo pretende poner en relieve la importancia de tratar aspectos biogeográficos, especialmente, por su valor educativo y su utilidad a la hora de comprender el paisaje y promover el desarrollo de determinadas destrezas consustanciales a la Biogeografía y por tanto de la Geografía en general. Como también dar importancia a los itinerarios didácticos y su aplicación dentro de la asignatura, con ellos se pone en valor espacios con alto patrimonio natural, como es el caso del itinerario propuesto – Junta de los ríos Guadiana-Bullaque–, su utilización como recurso didáctico y favorecer a indagación, observación e interacción con el medio natural.

Por ello, el principal objetivo de este trabajo es elaborar una propuesta didáctica interdisciplinar que permita a los estudiantes del Grado en Educación Primaria:

1. Reconocer las particularidades de la Región Biogeográfica Mediterránea dentro del conjunto de las regiones españolas, así como los factores que condicionan la distribución de su flora y fauna;
2. Adquirir las competencias necesarias que les permitan conocer y valorar la distribución de las principales especies de flora y fauna del entorno de la junta de los ríos Guadiana y Bullaque para desenvolverse con respeto en el medio natural y contribuir a la mejora y conservación de este entorno.

Todo ello con la finalidad de suscitar en los estudiantes el interés por la Geografía y de realizar una transposición didáctica que les permita trabajar Biogeografía en las aulas de Educación Primaria.

2. METODOLOGÍA

2.1. LA MUESTRA

La muestra se compone de 111 estudiantes del Grado de Maestro en Educación Primaria de la Facultad de Educación de Toledo. De ellos, un 44,1 % son de segundo curso y el resto (55,9%) son de cuarto curso. La muestra fue elegida empleando una metodología no probabilística e intencional determinada por las características de la investigación.

Todos los estudiantes pertenecen a municipios ubicados dentro de la Región Biogeográfica Mediterránea, hay dos estudiantes de Rumanía, dos de Marruecos y uno de Alemania pero con largo asentamiento en la provincia de Toledo.

2.2. UBICACIÓN

La concreción didáctica del estudio se ha llevado a cabo utilizando el entorno de la junta de los ríos Guadiana y Bullaque (ver fotografía 1), en la localidad ciudadrealeña de Luciana, perteneciente a la comarca de Los Montes; por ser un entorno que ofrece una gran singularidad y riquezas biogeográficas y ser conocido, con bastante profundidad, por las autoras de este trabajo.

2.3. PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA

Con la finalidad de que los estudiantes trabajasen las competencias seleccionadas, se ha elaborado una programación didáctica sobre conceptos básicos en Biogeografía, contextualizada en el entorno de la Junta de los ríos Guadiana y Bullaque (Ver fotografía 1).

Fotografía 1. Junta de los ríos Guadiana y Bullaque.



En ella se han tratado diversos contenidos: definiciones de Biogeografía, ubicación de regiones biogeográficas, factores que condicionan la distribución de especies en regiones biogeográficas, aspectos de la región biogeográfica mediterránea, dentro de la Paleártica, ubicación y paisaje en la junta de los ríos Bullaque y Guadiana y principales especies de flora y fauna de este entorno, entre otros.

Previo al desarrollo de las sesiones de estos contenidos, se ha recopilado información sobre concepciones y conocimientos previos de los estudiantes. Para ello se ha empleado el cuestionario como herramienta de recogida de información (pre-test).

El desarrollo de los contenidos, trabajado mediante clase magistral participativa, se ha completado con un itinerario didáctico. Como actividad de trabajo autónomo, se ha pedido a los estudiantes que elaborasen una ficha de campo con información biogeográfica relevante de alguna especie de flora o fauna del medio tratado.

2.4. INSTRUMENTOS PARA LA RECOGIDA DE DATOS

Se ha diseñado un cuestionario *ad hoc* (tablas 1 y 2) para la recogida de información de las concepciones y conocimientos previos de los estudiantes (pre-test) y las concepciones y conocimientos (post-test) después de trabajar la programación didáctica. El cuestionario está compuesto por preguntas abiertas, cerradas y de escala Likert. El instrumento ha sido validado por un panel de tres

expertos en educación ambiental y didáctica que analizaron la adecuación de cada ítem y la información que proporcionaba cada uno de ellos, junto a la pertinencia de aplicarlo a estudiantes de una Facultad de Educación.

2.5. ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS

La investigación se ha desarrollado bajo un paradigma esencialmente cualitativo, en el que se han tratado datos tanto de forma cuantitativa como cualitativa. Los datos se han analizado utilizando la versión 23 del programa SPSS de IBM.

3. RESULTADOS

Como resultado de la propuesta didáctica se ha elaborado un documento del que destaca el itinerario didáctico. Éste se ha estructurado en 5 paradas a través de las cuales se refuerzan gran parte de los contenidos estudiados y se incorporan nuevos.

- 1ª parada: “Las Juntas”. Enclave donde el Bullaque desemboca en el Guadiana. Algunas de las especies a trabajar en esta parada son el chopo (*Populus alba*) y trepador azul (*Sitta europaea*).
- 2ª parada: “Molino del Comendador”. Construcción con valor cultural etnológico, aunque en ruinas, situada en una fresneda. En esta parada es importante también que los alumnos comprendan la importancia social que tenían los molinos y su valor patrimonial. Además, se trabaja la distribución de algunas especies como fresno (*Fraxinus angustifolia*), junco churrero (*Scirpus holoschoenus*), ánade real (*Anas platyrhynchos*), garza imperial (*Ardea purpurea*), martín pescador (*Alcedo atthis*) o nutria (*Lutra lutra*).
- 3ª parada: “Arroyo del desfiladero de michos y laguna larga”. Junto a nenúfares, reducidos a plantas de escasa frecuencia (Cirujano & Medina, 2002) se trabajan especies como el espino blanco (*Crataegus monogyna*), galápago leproso (*Mauremys leprosa*) o el sapo de espuelas (*Pelobates cultripes*).
- 4ª parada: “El gran quejigo”. En esta parada se trabaja la biodiversidad debido a la riqueza de la zona en número de especies y la diversidad de paisajes. Destacando la encina (*Quercus ilex subsp. ballota*), coscoja (*Quercus coccifera*), jara pringosa (*Cistus ladanifer*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y quejigo (*Quercus faginea*).
- 5ª parada: “Arroyo de la Pizarrilla”. Arroyo que recibe su nombre por el afloramiento de pizarras negras por el que discurre. En esta zona los estudiantes pueden observar y reconocer, entre otras especies, las peonías (*Paeonia broteroi*), una de las plantas más increíbles que aparecen en las zonas más húmedas, la rosa silvestre (*Rosa canina*), águila imperial (*Aquila adalberti*), ciervo (*Cervus elaphus*) y lagarto ocelado (*Timon lepidus*).

De los resultados obtenidos en las respuestas de los cuestionarios (ver tabla 1) se infiere esencialmente lo poco extendido que está el estudio de Biogeografía en la educación obligatoria. Sólo un 30% indican haberla trabajado alguna vez en el aula y, en gran medida, debido a ello, el bajo conocimiento que de los factores que condicionan la distribución de los seres vivos y la aparición de especies se tiene por los estudiantes en el estudio de caso que se presenta en este trabajo.

Tabla 1: Análisis de las respuestas a las cuestiones planteadas (pre-test).

Pregunta	Respuestas (Pretest)				
	Si		No		
¿Ha estudiado alguna vez Biogeografía?	30%		69,4%		
¿Sabría definir qué es Biogeografía?	21,6%		78,4%		
	Sí	No		Tal vez	
¿Sabe lo que es una región biogeográfica?	6,3%	62,2%		31,5%	
	1 (nada)	2 (poco)		3 (mucho)	
De los siguientes factores: Señale en qué medida condicionan la distribución de la flora y la fauna					
a) Climáticos	0,9%	9,9%		89,2%	
b) Geomorfológicos	5,4%	58,5%		36,1%	
c) Edáficos	20,7%	57,7%		21,6%	
d) Hidrológicos	3,6%	17,1%		79,3%	
e) Bióticos	5,4%	45%		49,5%	
f) Humanos	5,4%	22,5%		72,1%	
	Media		Moda		
Cite algunas especies de fauna de la región biogeográfica mediterránea	2		1		
Cite algunas especies de flora de la región biogeográfica mediterránea	4		1		
	1	2	3	4	5
¿Cree que la Biogeografía debe trabajar en Aulas de Educación Primaria? 1 equivale a no concordar y 5 a estar muy de acuerdo	0,9%	0,9%	26,1%	47,7%	24,3%
	1	2	3	4	5
¿Cree que conocer la Biogeografía permite conocer mejor el paisaje y con ello se contribuye a la mejora y conservación del mismo? 1 equivale a no concordar y 5 a estar muy de acuerdo	0,9%	0,9%	10%	41,4%	46,8%

Elaboración propia.

De partida, tan sólo un bajo porcentaje de los encuestados (21,6%) sabría definir qué es Biogeografía y sólo un (6,3%) sabría definir qué es una región biogeográfica. Todos los estudiantes indican que todos los factores del cuestionario contribuyen a la distribución de la flora y fauna destacando el peso de los climáticos seguidos de los hidrológicos, humanos, bióticos, geomorfológicos y edáficos. Al preguntarles por las especies de flora y fauna que conocen de la región mediterránea apenas citan especies, dos de media de flora y fauna y las que citan suelen ser cinegéticas o poco frecuentes; el “lince” aparece en 33 ocasiones, seguida del “jabalí” que

aparece 11 veces, 9 el “conejo” y el “ciervo” y 7 el “águila”, entre otras especies menos citadas. “Nutria”, “garza” o “lagarto” no son citadas por ningún estudiante. Respecto a las respuestas obtenidas acerca de si Biogeografía debía ser tratada en aulas de Educación Primaria, en una escala de 1 a 5 la mayoría sitúa su grado de concordancia con la afirmación de que debe ser tratada en el valor 4. Finalmente, la mayoría de los estudiantes responde a la última pregunta señalando de forma mayoritaria, un 46,8%, que Biogeografía contribuye al conocimiento y mejora en la conservación del paisaje.

Tabla 2. Análisis de las respuestas a las cuestiones planteadas (post-test).

Pregunta	Respuestas (Post-test)				
	Si		No		
¿Sabría definir qué es Biogeografía?	92,8%		7,2%		
	Sí	No		Tal vez	
¿Sabe lo que es una región biogeográfica?	64,9%	6,3%		28,3%	
	1 (nada)	2 (poco)		3 (mucho)	
De los siguientes factores: Señale en qué medida condicionan la distribución de la flora y la fauna					
a) Climáticos	0,9%	9,9%		89,2%	
b) Geomorfológicos	0,9%	45,9%		53,2%	
c) Edáficos	9%	37,8%		53,2%	
d) Hidrológicos	0,9%	19,8%		79,3%	
e) Bióticos	0,9%	45%		49,5%	
f) Humanos	1,8%	22,5%		75,7%	
	Media		Moda		
Cite algunas especies de fauna de la región biogeográfica mediterránea	1		1		
Cite algunas especies de flora de la región biogeográfica mediterránea	2		1		
	1	2	3	4	5
¿Cree que la Biogeografía debe trabajar en Aulas de Educación Primaria? 1 equivale a no concordar y 5 a estar muy de	0%	0%	9%	41%	51%
	1	2	3	4	5
¿Cree que conocer la Biogeografía permite conocer mejor el paisaje y con ello se contribuye a la mejora y conservación del mismo? 1 equivale a no concordar y 5 a estar muy de acuerdo	0%	0%	3,6%	27%	69,4%

Elaboración propia.

Tras la aplicación de la propuesta didáctica indicada, los resultados del post-test (ver tabla 2), muestran un elevado porcentaje de personas que sí sabrían qué es Biogeografía (98,2%) y una región biogeográfica (68,9%). Indican que los factores que más condicionan la distribución de la flora y fauna son los climáticos seguidos de los hidrológicos y humanos, geomorfológicos y edáficos y, en menor medida, los bióticos. Citan muy pocas especies de flora y fauna de media, por estudiante encuestado, aunque ya añaden la especie al género, con mayor frecuencia. Aparecen especies como “garza”, contada 48 veces, “ciervo” 42 veces, águilas 38 veces, “nutria” 26 veces, “lince” 14, sapos, 13 o lagartos 5 veces. Respecto a las respuestas obtenidas acerca de si Biogeografía debía ser tratada en aulas de Educación Primaria, en una escala de 1 a 5 la mayoría sitúa su grado de concordancia con la afirmación de que debe ser tratada en el valor 5. Finalmente, la mayoría de los estudiantes responde a la última pregunta señalando de forma mayoritaria, un 69,4%, que Biogeografía contribuye al conocimiento y mejora en la conservación del paisaje.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio de caso realizado sobre 111 estudiantes muestran el limitado conocimiento que tienen sobre aspectos clave de la Biogeografía. Los encuestados, futuros maestros, tienen ideas vagas y generales sobre aspectos relacionados con las distribuciones de flora y fauna. Ahora bien, consideran la Biogeografía como un importante contenido que debe ser trabajo en aulas de educación primaria y como una ciencia que contribuye a la mejora y conservación del paisaje. Estos resultados sugieren la necesidad de incluir más y mejores contenidos sobre Biogeografía en los currículos educativos. Especialmente, porque se observa que, con la corta propuesta didáctica aquí planteada, las concepciones y conocimientos biogeográficos de los estudiantes no han mejorado todo lo deseado respecto a los de partida.

5. BIBLIOGRAFÍA

- CIRUJANO, S. & MEDINA, L. 2002. *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha-CSIC.
- DE LA CALLE, M. 2013: *La Enseñanza de la Geografía ante los nuevos desafíos ambientales, sociales y territoriales*. Valladolid. Universidad de Valladolid, pp.33-52.
- GARCÍA, J. 1999: *El trabajo de Campo en la Educación Primaria: Situación en Asturias*. Oviedo. Universidad de Oviedo.
- GÓMEZ, A. 1986: “Los itinerarios pedagógicos como recurso didáctico en la enseñanza de la Geografía en la E.G.B.” *Didáctica Geográfica*, 14:109-116.
- GÓMEZ, A. 1993: “Reflexiones acerca del contenido “paisaje” en los “currícula” de la Educación Obligatoria”. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 16:231-240.
- GÓMEZ, A. 1998: “Sugerencias didácticas para la enseñanza de la Geografía de la montaña”, *Espacio, Tiempo y Forma*, 3: 393-414.
- MARTINEZ, R. & ARREBOLA, J.C. 2016: “La enseñanza del paisaje en

España. Una mirada a través de los manuales escolares de Ciencias Sociales”. *Revista Contexto y Educaçao*, 99: 9-33.

MARTINEZ, F.J. & GARCÍA, A.J. 2008: *Itinerarios didácticos por Fuente Álamo (Murcia), una estrategia educativa de innovación en el proceso de enseñanza-aprendizaje en Educación secundaria*. Espiral. Cuadernos del Profesorado.

MARRON, M. 2001: “La difusión desde una perspectiva Geográfica”. *Estudios geográficos*, 62: 675-704.

MEDIR, L.M. 2003: “Salir de la escuela: entre la tradición y la educación ambiental para la sostenibilidad”. *Iber: Didáctica de la Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, 9(36): 26-35.

ORTEGA, N. 2000: “Viajeros e institucionistas: una visión de la montaña”, en Martínez de Pisón, E. (Dir.) *Estudios sobre el paisaje*. Madrid, Ediciones de la UAM, pp.193-209.

ORTEGA, N. 2002: “La valoración institucional del paisaje de la Sierra de Guadarrama», en Ortega Cantero, N. (Ed.): *Estudios sobre la historia del paisaje español*. Madrid, Fundación Duques de Soria, pp.169-186

PÉREZ, M.& MORÓN, H. 2016: “El itinerario didáctico como herramienta para la activación patrimonial: una experiencia docente desde el Parque de María Luisa”. *Campo Abierto*, 35(2): 83-94.

PIÑEIRO, M.R. 1997: “El pensamiento geográfico y el trabajo de campo en el siglo XX”. *Didáctica Geográfica*, 2: 25-31.

PULGARÍN, R. 1998: “La excursión escolar como estrategia didáctica en la enseñanza de la Geografía”. *Revista La Gaceta Didáctica*, 2.

SÁNCHEZ, A. 1995: “El trabajo de campo y las excursiones”, en Moreno Jiménez, A. y Marrón Gaité, M. J.: *Enseñar Geografía. De la teoría a la práctica*. Madrid, Síntesis, 1995, pp. 160-184.

SÁNCHEZ, A. 1997: “La observación e interpretación del paisaje”. *Didáctica Geográfica*, 2: 45-55.

SERRANO DE LA CRUZ, M.A, GARCÍA, J.L, JEREZ, O, OLMO, J.J & JIMÉNEZ, A. 2016: “Valoración didáctica del Parque Natural del Valle de Alcudia y Sierra Madrona (Ciudad Real)” en Sebastiá Alcaraz, R. y Tonda Mollor, E.M: *La investigación en la enseñanza de la Geografía*. UNE, pp.829-844.

VILARRASA, A. 2003: “Salir del aula”. *Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, 36.

ITINERARIO DIDÁCTICO PARA EL RECONOCIMIENTO DE PLANTAS EN LA RUTA DEL CHORRO (PARQUE NACIONAL DE CABAÑEROS)

Mario Serrano-Patón¹, Rafael Becerra-Ramírez² y Carmen Pilar Marchán Mero³

^{1,3} *Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, UCLM*

² *Grupo de Investigación GEOVOL, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. UCLM*

¹*serranogeografía@gmail.com*, ²*Rafael.Becerra@uclm.es*, ³*carmen16796@gmail.com*

RESUMEN:

El itinerario geográfico es un valioso recurso de conocimientos significativos y valoración del paisaje para la Didáctica de la Geografía y la Educación Ambiental, ya que su práctica resulta beneficiosa en el proceso de enseñanza-aprendizaje en cualquiera de los niveles educativos (García de la Vega, 2004: 80). El presente trabajo consiste en la planificación de una actividad docente, relativa al reconocimiento de plantas y la comprensión de los factores que explican su localización en un trabajo de campo. La actividad propuesta se realizará a través de un itinerario didáctico-interpretativo en la Ruta del Chorro (Los Navalucillos, Toledo). Situado en el sector norte del Parque Nacional de Cabañeros, destaca por la excelente conservación de la cubierta vegetal del bosque mediterráneo, así como por contener diversas especies relictas.

Palabras clave: Itinerario didáctico, biogeografía, Parque Nacional de Cabañeros, Ruta del Chorro, Los Navalucillos.

ABSTRACT (Didactic itinerary for the recognition of plants in the route of Chorro (Cabañeros National Park):

The geographical itinerary is a valuable resource of significant knowledge and landscape assessment for Geography and Environmental Education, since its practice is beneficial in the teaching-learning process at any of the educational levels (Garcia de la Vega, 2004: 80). This work consists in planning a teaching activity, relative to the recognition of plants and the understanding of the factors that explain its location in a field work. The proposed activity will be carried

out through a didactic-interpretative itinerary in *El arroyo del Chorro*. Located in the northern part of *Cabañeros National Park*, that stands out for the excellent conservation of the vegetal cover in Mediterranean forest, as well as it contains other relict species.

Keywords: Didactic itinerary, biogeography, Cabañeros National Park, Chorro Route, Los Navalucillos.

1. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es planificar una actividad docente relativa al reconocimiento de plantas y de los factores que explican su distribución, a través de un itinerario didáctico interpretativo en la Ruta del Chorro (Parque Nacional de Cabañeros). Y en segundo lugar, poner en valor y divulgar el potencial biogeográfico del enclave del Arroyo del Chorro. Incentivando de forma indirecta, la protección de especies tan singulares como el Tejo (*Taxus baccata*), Acebo (*Ilex aquifolium*) y el Helecho (*Pteridium aquilinum*).

2. METODOLOGÍA

Siguiendo la propuesta didáctica de García de La Vega (2004:85) para un itinerario geográfico en el páramo de la Sierra de Pela (Cordillera Central). Esta metodología de trabajo establece tres grandes fases de secuenciación en la organización y estructura del itinerario geográfico: 1) Preparación; 2) Trabajo de Campo y 3) Síntesis.

3. ÁREA DE ESTUDIO: RUTA DEL CHORRO (LOS NAVALUCILLOS, TOLEDO)

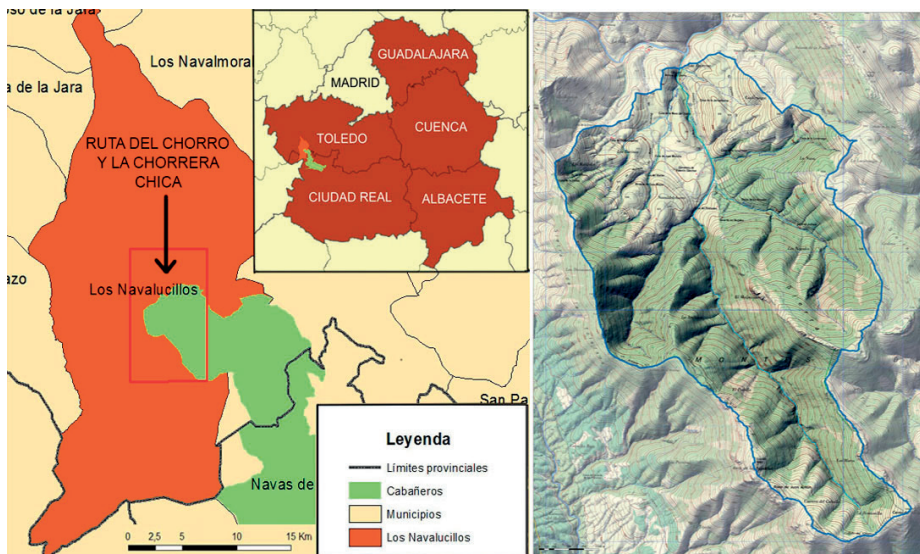
3.1. LOCALIZACIÓN

El paraje donde se encuentra el itinerario pasó a formar parte del Parque Nacional de Cabañeros a finales de 2005, cuando el Ayuntamiento de Los Navalucillos (Toledo) acordó por unanimidad solicitar la incorporación de terrenos de propiedad municipal al Parque (Carrasco Redondo, 2008:151). Recorre la zona norte del Parque Nacional de Cabañeros y asciende hasta la parte más alta de los Montes de Toledo (Pico Rocigalgo, 1.448 msnm).

Se accede al itinerario desde el municipio de Los Navalucillos (Toledo), por la CM-4155 dirección Robledo del Buey. Tras recorrer 11 Km se encuentra un desvío hacia el aparcamiento de Las Becerras donde comienza la ruta. El trayecto discurre paralelo al cauce del arroyo del Chorro, a través de desviaciones del camino principal, se accede a las cascadas de El Chorro (4 Km), la Chorrera Chica (5,5 Km) y al Pico Rocigalgo. La ruta se encuentra señalizada en los cruces, con estimaciones de tiempo para cada tramo. Se encuentra además equipada con paneles interpretativos

que nos hablan de las características generales del sendero, las particularidades de la vegetación de solana y umbría, la vegetación atlántica relictas, así como de la geología del lugar (García Ventura et al., 2014:50).

Figura 1. Localización de la Ruta del Chorro.



Elaboración propia.

3.2. CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA

Desde un punto de vista topográfico la ruta discurre por un valle entre los 800 y 1.000 m de altitud. Queda enmarcada entre la Sierra de la Toledana al OSO, con su pico más alto de 1.397 m de altitud, la Sierra de la Parrilla al NE (1.363 m) y Sierra Fría al ESE con el Pico Rocigalgo (punto más alto de los Montes de Toledo) que alcanza 1.449 m de altitud. Los materiales litológicos que afloran al inicio de la ruta, próximos al aparcamiento de Las Becerras, son las pizarras del Llanvirn llandeilo (Ordovícico Medio). Los flancos de las sierras de la Toledana y la Parrilla sobre los que discurre la ruta, se corresponden con cuarcitas, areniscas y pizarras del Arenig (Ordovícico Inferior). Entre los materiales más jóvenes destacan las pedrizas o canchales, acumulaciones de cantos y bloques de cuarcitas emplazadas en los flancos de las sierras (García Rayego, 1994). En el plano estructural el Arroyo del Chorro se desarrolla a lo largo del sinclinal de Las Becerras, afectado por una fractura dirección noroeste-sureste que pudo actuar como cabalgamiento o falla inversa, que discurre paralela a la ruta (Moreno & Gómez, 1984:35), existiendo incluso fallas transversales a la ruta, que provocan saltos de falla dando lugar a las cascadas del Chorro y la Chorrera Chica.

En cuanto al clima, nos encontramos con el dominio mediterráneo con un marcado período de sequía estival y lluvias primaverales y otoñales. Suele nevar alguna vez a lo largo del año, más frecuentemente entre diciembre y abril (Jiménez,

1998:29). Siguiendo el sistema de clasificación bioclimático mundial de Rivas (2002) y tomando como referencia la estación del municipio cercano de Retuerta del Bullaque, los datos que nos muestra son los siguientes: una temperatura media anual de 12,97°C; siendo diciembre el mes más frío (5°C) y agosto el mes más cálido (25°C). El promedio de las precipitaciones es de 622 mm anuales, siendo julio y agosto los meses en los que se produce una marcada sequía. Consecuencia de la topografía y el clima, se encuentran los pisos bioclimáticos; la mayor parte del territorio pertenece al piso mesomediterráneo (600-1.000 m de altitud), apareciendo el supramediterráneo por encima de los 1.000-1.100 m de altitud (Jiménez, 1998:34).

El paraje contiene varios cursos fluviales, al inicio de la ruta se encuentran los arroyos de la Arañosa y la Calanchera, y a lo largo de todo el itinerario discurre el arroyo del Chorro paralelo al camino principal, todos ellos son afluentes del río Pusa (que nace en las cercanías de la Sierra de Altamira y desemboca en el Tajo). Este sector se caracteriza desde el punto de vista hidrográfico por la subdivisión en pequeñas cuencas independientes y de dimensiones similares, con valles bien modelados y profundamente encajonados en los piedemontes (Muñoz, 1991:411).

El área presenta una ocupación humana escasa y un uso agrícola muy limitado, debido a la accidentada orografía y a la desfavorable naturaleza del roquedo, con una densidad demográfica que ronda los 10 habitantes por kilómetro cuadrado (Muñoz, 1991:410).

3.3. LA VEGETACIÓN

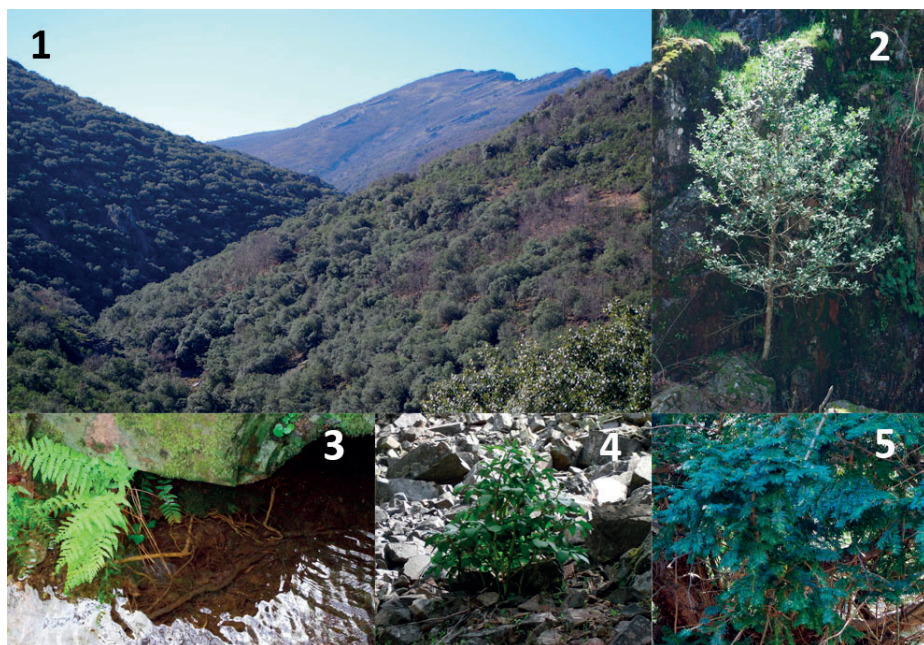
Partiendo de la consideración de que los factores climáticos dan como resultado la conocida como vegetación zonal, a lo largo de toda la ruta, destacan las formaciones típicas del bosque mediterráneo, propias de las sierras y valles silíceos del oeste y el norte de Castilla-La Mancha. Las especies forestales naturales que dominan el paisaje vegetal general o regional pertenecen a la familia de las fagáceas y son por orden de humedad y frescura: la encina (*Quercus ilex rotundifolia*), el alcornoque (*Quercus suber*), el quejigo (*Quercus faginea*) y el roble rebollo (*Quercus pirenaica*) (García Rayego y Jerez, 2007: 88).

Los encinares, muy densos y cerrados, ya que no han sido limpiados para su aprovechamiento ganadero, presentan un estrato arbustivo del tipo mediterráneo, constituido por: jara (*Cistus ladanifer*), tomillo (*Thymus sp. pl.*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y cantueso (*Lavandula sp. pl.*); donde también aparecen destacando por su talla algo mayor: coscojas (*Quercus coccifera*), lentiscos (*Pistacia lentiscos*), cornicabras (*Pistacia terebinthus*), labiérnagos (*Phillyrea angustifolia*) y acebuches (*Olea europaea*), en las zonas más cálidas y abrigadas (Muñoz, 1991:411). Los alcornocales se sitúan en las orientaciones más cálidas de las sierras y bajo un ombroclima subhúmedo. Los robledales aparecen en las umbrías más elevadas y en fondos de valles húmedos, acompañado de otras especies como el mostajo (*Sorbus torminalis*), espinos albar (*Crataegus monogyna*) o la peonía (*Peonia humilis*) (Jiménez, 1998: 35). Si se continúa el ascenso hasta el Pico Rocigalgo (1.449 m) aparecen las especies orófilas, plantas muy singulares que solo se localizan en esta zona de cumbres, tales como la rascavieja (*Adenocarpus argyrophyllus*) o el erizón (*Echinopartum ibericum*) (Perea et al., 2015:193).

Por otro lado se encontraría la vegetación azonal, aquella que crece en determinadas condiciones de sustrato y de ambiente, dando lugar a comunidades vegetales singulares que proliferan en suelos húmedos de cursos fluviales o suelos muy pobres de áreas rocosas (García Rayego & Jerez, 2007:92). La ruta alberga una gran heterogeneidad de ambientes (solanas, umbrías, riberas pedrizas, piedemonte, zonas de cumbre, paredones turberas etc.), que provocan interesantes cambios en la composición y cobertura de las diferentes comunidades vegetales (Perea et al., 2015:192). Los encharcamientos de aguas propiciarán el crecimiento de la vegetación en riberas fluviales, sitios conocidos como trampales o turberas, donde habitan formaciones vegetales singulares: abedulares (*Betula pendula*), alisedas (*Alnus glutinosa*), fresnedas (*Fraxinus angustifolia*), saucedas (*Salix sp. pl.*), comunidades de mirtos de brabante (*Myrica gale*) y brezos de turbera (*Erica tetralix*), donde además pueden observarse algunas plantas carnívoras (*Drosera rotundifolia*) (García Rayego y Serrano de la Cruz, 2007).

Por último, hay que destacar la presencia de las conocidas como especies relictas, localizadas en los márgenes de los ríos y arroyos de las áreas de montaña más elevadas de los Montes de Toledo. Esta vegetación no se corresponde a las condiciones climáticas generales dominantes hoy en día, sino al de un medio ambiente local excepcionalmente húmedo, fresco y umbroso de algunas gargantas y torrenteras. En estos enclaves pueden encontrarse especies de las fases climáticas más frías: acebos (*Ilex aquifolium*), tejos (*Taxus baccata*) y helechos (*Pteridium aquilinum*) (Muñoz, 1991:412).

Figura 2. Plantas singulares de la Ruta del Chorro: 1. Cubierta vegetal de encinares; 2. Acebo (*Ilex aquifolium*); 3. Helecho (*Pteridium aquilinum*); 4. Peonía (*Peonia humilis*); 5. Tejo (*Taxus baccata*)



Elaboración propia.

4. ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD DOCENTE

Siguiendo la propuesta didáctica de García de La Vega (2004:85), la actividad de reconocimiento de plantas a través del itinerario didáctico constará de tres fases:

1. Preparación: El docente será el encargado de proporcionar a sus alumnos información bibliográfica, ortofotográfica/satelital y cartográfica de la zona.
2. Trabajo de Campo: El docente deberá orientar y dirigir la actividad, señalando qué factores explican la distribución de las especies vegetales, e indicando a sus alumnos las tareas que deberán llevarse a cabo. Entre las que se encuentran: anotaciones en el cuaderno de campo, realización de fotografías de detalle a hojas, flores y frutos y la toma de coordenadas geográficas de las especies más representativas.
3. Síntesis: Esta última fase se llevará a cabo en el aula, donde los alumnos deberán entregar por escrito un proyecto que posteriormente expondrán al resto de sus compañeros. El trabajo deberá incluir los siguientes apartados: un catálogo las especies vegetales más representativas y singulares avistadas en el itinerario, su representación cartográfica y en último lugar, una interpretación detallada de los factores naturales que explican su actual distribución.

4.1. PREPARACIÓN

En esta primera fase el docente deberá partir de la consideración de que cada trabajo de campo tiene unos objetivos específicos diferentes. De esta forma, no será lo mismo un trabajo de campo en el área de la Geología, que uno en el área de la Biogeografía, pese a que ambas disciplinas comparten algún tipo de relación. Como en toda programación didáctica, el docente deberá fijarse previamente la consecución de unos objetivos generales y específicos, que deberán ajustarse al cumplimiento de unos contenidos y unas competencias. Será por tanto necesario, dedicar al menos una sesión teórica en el aula explicando y aclarando cuestiones conceptuales de forma previa a la salida de campo. En este caso, serán dos los objetivos generales:

1. Reconocimiento de las principales especies vegetales del itinerario: las especies vegetales más representativas del bosque mediterráneo (vegetación zonal), las formaciones de ribera (vegetación azonal) y las especies más singulares (vegetación relictas). En el trabajo será muy importante insistir en la clasificación de las plantas, proporcionando unas nociones básicas sobre taxonomía, en las que el alumno sea capaz de conocer de cada planta: nombre en latín, nombre común, familia a la que pertenece y porte. También será conveniente explicar algunas cuestiones relativas a la morfología de la hoja: tipos de hojas, tipos de contornos, tipos de márgenes, disposición de las hojas, así como de la disposición de las flores y frutos.
2. Interpretación e identificación de factores que explican la localización y distribución de las especies vegetales. Estos son los conocidos como factores geo-ecológicos que explican la distribución de la vegetación: climáticos, edáficos, topográficos y antrópicos. Para ello será necesario que el alumno conozca en profundidad las características geográficas del espacio (relieve,

clima, agua y usos antrópicos). Siendo necesario incidir en la conceptualización de algunos términos: vegetación clímax, vegetación zonal, vegetación azonal, bosque mediterráneo, bosque de ribera y especies relictas.

Una vez aclarados y explicados los contenidos, será necesario realizar una planificación de la salida de campo, tal como indica Montilla (2005:192) deberán contemplarse los siguientes aspectos: área o región geográfica a trabajar, duración, recorridos, actividades a desarrollar, evaluaciones, lugar de hospedaje y recursos humanos y materiales. Aplicado a nuestro itinerario didáctico-interpretativo particular, diríamos que se encuentra enclavado en el área de los Montes de Toledo; con una duración aproximada de 2 horas 45 minutos de ida y vuelta y un recorrido lineal; las actividades a desarrollar serán el reconocimiento de plantas y los factores que explican su actual distribución; en cuanto a los recursos humanos y materiales se encuentran el Mapa Topográfico Nacional de España escala 1:50.000 (Los Navalucillos 683), cámara fotográfica, cuaderno de campo, y en el caso de que se disponga, GPS.

El docente a su vez, se encargará de facilitar al alumno la información bibliográfica disponible del área de estudio. Esta tarea también es conocida como técnica documental y consiste en la revisión de la documentación teórica de la temática establecida (Rodríguez, 2004:31). De esta forma se recomendarán una serie de manuales, guías de identificación de plantas, libros, artículos científicos y recursos web del área de estudio. Entre los manuales de referencia en la disciplina de la Biogeografía y guías de identificación de plantas, destacan: Ferreras & Fidalgo (2009); Fidalgo et al. (2004); Carrasco (2008); García Rayego y Serrano de la Cruz (2007); Gutiérrez et al. (2011); García (1998); Moreno & Gómez (1984); Muñoz (1991) y García Rayego (1994) y Perea et al. (2015). En cuanto a los recursos web disponibles hay que destacar la calidad de información del *Folleto autoguiado Chorro Navalucillos* (www.magrama.gob.es) y del *Folleto informativo de la Ruta "El Chorro"* proporcionado por el Ayuntamiento de los Navalucillos (www.losnavalucillos.es). En cuanto a las fuentes cartográficas disponibles se encuentran el Mapa Topográfico Nacional de España escala 1:50.000 (MTN50 n° 683,-Los Navalucillos) y el Mapa Geológico serie MAGNA50, Hoja 683 (16-17) Espinoso del Rey.

4.2. EL TRABAJO DE CAMPO

Se parte de la consideración de que el trabajo de campo es una herramienta fundamental en la enseñanza de la Geografía y de cualquiera de sus disciplinas, ya que permite obtener experiencias significativas para comprender los fenómenos de la superficie terrestre (Godoy & Sánchez, 2007:137). Este supone la "personalización" del trabajo geográfico, ya que para el estudiante representa una primera toma de contacto con la realidad, la vivencia propia del proceso científico en el mismo escenario que estudia, sintiendo la imperiosa necesidad de observarla de forma inteligente (García Hoz et al., 1996:201).

El docente será el encargado de dirigir y orientar todo el proceso, teniendo siempre muy presente que en el trabajo de campo los alumnos deberán haber realizado una labor inconclusa, es decir, se deberán dejar ciertos interrogantes sin aclarar, evitando de esta forma transmitir un mensaje cerrado en las interpretaciones (García Hoz et al., 1996:215). Debiendo incidir en la importancia que tiene la observación a través

de los sentidos (aquello que vemos, oímos, olemos y tocamos), información que los alumnos tendrán ocasión de cuestionarse más tarde (Velázquez de Castro, 2016:70). Por ello, el docente deberá hacer hincapié en que los alumnos tomen anotaciones de las plantas que vayan encontrándose a su paso: nombre común, nombre en latín, familia, porte, abundancia y los factores geográficos que explican su localización; que tomen las coordenadas geográficas de los ejemplares más significativos; que realicen las fotografías que estimen oportunas y en el caso de que este permitido, tomen muestras de las diferentes partes de la planta (hojas, flores, frutos y cortezas).

En el proceso el docente pondrá en práctica el conocido como método interrogativo, en el que hará observaciones y llamadas de atención con el fin de motivar al alumno, del tipo de: ¿Por qué creéis que la cubierta vegetal del Parque está tan bien conservada? ¿Por qué solamente encontramos un ejemplar aislado de Tejo (*Taxus Baccata*)? ¿Alguien conoce alguna planta carnívora? ¿Por qué encontramos una comunidad vegetal de roble melojo en mitad de la ruta y no al comienzo? ¿Cómo es posible que tengamos helechos y acebos en un clima semiárido? La intención es tratar de despertar la curiosidad del alumno, y que este sea capaz de interrelacionar los diferentes factores geo-ecológicos (clima, luz, agua, temperatura) que explican la distribución de la vegetación. Además se deberá tener muy en cuenta la relevancia del mensaje que se pretende transmitir, aludiendo a la capacidad que tiene este de ser comprendido y asumido por los alumnos. Tratando en la medida de lo posible, que sea lo más personalizado posible, ya que cada individuo comprende el mundo desde su propia óptica y en base a sus propias experiencias (Guerra, 2017:4).

4.3. SÍNTESIS

Se trata de la parte final donde los alumnos verificarán las hipótesis de partida respecto al reconocimiento y clasificación de las especies vegetales y de los factores que explican su distribución. Será recomendable que los alumnos sistematicen toda la información recogida en un catálogo de las especies más representativas encontradas en el itinerario, que contenga: nombre en latín, nombre común, familia, porte y se expongan aquellos factores geo-ecológicos que explican su localización (Véase Tabla 1. Catálogo de las plantas del Chorro). Además se localizarán en un mapa, las plantas más singulares identificadas en el itinerario. Toda la información se presentará en un informe por equipos y se expondrá al resto de compañeros de forma oral (Godoy & Sánchez, 2007: 144).

5. CONCLUSIONES

El itinerario geográfico se presenta como un recurso didáctico muy interesante para la disciplina de la Biogeografía. Especialmente en lo relativo al reconocimiento de especies y a la comprensión de los diversos factores que explican su localización. Una correcta planificación de la actividad docente, que contemple las fases de preparación, trabajo de campo y síntesis en el aula, traerá consigo una mejor asimilación de los contenidos teóricos. Resultará a su vez de vital importancia que el docente busque la personalización del mensaje que pretende transmitir, tratando de incentivar a sus alumnos a que participen de forma activa. Por otra parte, los

gestores del Parque y las diferentes administraciones públicas, deberían encaminar sus esfuerzos en la divulgación del alto valor paisajístico y florístico del paraje del Arroyo del Chorro, único en todo el Parque Nacional.

Tabla 1. Catálogo de las plantas del Chorro.

Nombre latín		Nombre común	Familia	Porte	Factores geo-ecológicos que explican su localización
Vegetación Zonal	<i>Quercus ilex rotundifolia</i>	Encina	Fagáceas	Árbol	-Se adapta bien tanto a suelos calizos como silíceos
	<i>Quercus coccifera</i>	Coscoja	Fagáceas	Arbusto	-Especie xerófila -No suele subir de los 900 m
	<i>Quercus suber</i>	Alcornoque	Fagáceas	Árbol	-Especie que aparece en los lugares subhúmedos
	<i>Quercus faginea</i>	Quejigo	Fagáceas	Árbol	-Aparece en zonas algo más húmedas
	<i>Quercus pyrenaica</i>	Roble melojo	Fagáceas	Árbol	-Aparecen comunidades entre (1.000-1.400m)
	<i>Acer monspessulanum</i>	Arce de Montpellier	Aceráceas	Árbol	-Resistente a la sequía -Aparece hasta los 1000 m
	<i>Arbutus unedo</i>	Madroño	Ericáceas	Arbusto	-Especie que aparece en los lugares subhúmedos
	<i>Erica sp. pl.</i>	Brezo	Ericáceas	Arbusto	-Aparece en zonas algo más húmedas
	<i>Phillyrea angustifolia</i>	Labiernago	Oleáceas	Arbusto	-Especie xerófila
	<i>Pistacia terebinthus</i>	Cornicabra	Anacardiáceas	Arbusto	-Especie que prefiere suelos poco profundos.
Vegetación Azonal	<i>Cistus ladanifer</i>	Jara pringosa	Cistáceas	Mata	-Especie xerófila
	<i>Salix sp. pl.</i>	Sauce	Salicáceas	Arbolillo	-Especie higrófila que crece al borde los arroyos
	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fresno	Oleáceas	Árbol	
	<i>Alnus glutinosa</i>	Aliso	Betuláceas	Árbol	
	<i>Castanea sativa</i>	Castaño	Fagáceas	Árbol	
	<i>Myrica gale</i>	Mirto de Brabante	Myricaceas	Arbusto	-Especie higrófila que crece al borde los arroyos y turberas
Especies relictas	<i>Erica tetralix</i>	Brezo de turbera	Ericáceas	Arbusto	
	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho común	Dennstaedtiáceas	Mata	-Especie higrófila que crece al borde los arroyos
	<i>Betula pendula</i>	Abedul común	Betuláceas	Árbol	
	<i>Taxus baccata</i>	Tejo	Texáceas	Árbol	-Localizados al principio del arroyo de la Arañosa
	<i>Ilex aquifolium</i>	Acebo	Aquifoliáceas	Arbolillo	-Encontramos un ejemplar en la primera cascada del Chorro

Elaboración propia.

6. REFERENCIAS

- CARRASCO, M. (2008): *El Parque Nacional de Cabañeros y nuevas actuaciones en la vertiente Toledana*. <http://www.diputoledo.es/global/ver.pdf.php?id=12975> . Consulta 10 de Julio de 2017.
- FERRERAS, C. & FIDALGO, C. (eds.) 2009: *Biogeografía y Edafogeografía*. Madrid, Editorial Síntesis, 262 p.
- FIDALGO, C., HUNGRÍA, P. & SANCHE, I. (eds.) 2004: *Guía para una fácil identificación de especies arbóreas y arborecentes*. Madrid, Ediciones H. Blume, 255 p.
- GARCÍA DE LA VEGA, A. (2004): “El itinerario geográfico como recurso didáctico para la valoración del paisaje”. *Didáctica Geográfica*, 6:77-95.
- GARCÍA RAYEGO, J.L. & JERÉZ, O. (2007): “La vegetación”, en Pillet, F. (ed.): *Geografía de Castilla-La Mancha*. Almud Ediciones de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, pp. 85-103.
- GARCÍA RAYEGO, J.L. & SERRANO DE LA CRUZ, M. (2007): “Los espacios naturales protegidos”, en Pillet, F. (ed.): *Geografía de Castilla-La Mancha*, Almud Ediciones de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, pp. 119-141.
- GARCÍA RAYEGO, J.L. (ed.) 1994: *Mapa geomorfológico de la comarca de los Montes-Campo de Calatrava*. Cuenca, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 72 p.
- GARCÍA, D., MUÑOZ, M. & DÍAZ, M.J. 2014: “Análisis de la capacidad de acogida del sistema de uso público del Parque Nacional de Cabañeros”, en Gómez-Limón, J. (ed.): *Capacidad de acogida de uso público en los espacios naturales protegidos*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, pp. 47-70.
- GARCÍA, F.J. 2017: “La comunicación en interpretación del patrimonio”. *Boletín Carpeta Informativa del CENEAM*, 1-9.
- GARCÍA, V., SANCHE, J., PALACIOS, D., GARCÍA RUIZ, A.L., JIMÉNEZ, J.A., PAREJA, F., RODRÍGUEZ QUIROGA, F. & RUIZ, J.A. (eds.) 1996: *Enseñanza de las Ciencias sociales en Educación secundaria*. Madrid, Ediciones Rialph, 413 p.
- GODOY, I. & SÁNCHEZ, A. 2007: “El trabajo de campo en la enseñanza de la Geografía”. *Revista Universitaria de Investigación*, 2: 137-146.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I. & BARRÓN, E. (2011): *Geodiversidad y Biodiversidad en el Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real-Toledo): La ruta del Boquerón del Estena*. http://historia.bio.ucm.es/rsehn/cont/docs/guia_excursion_cabaneros.pdf. Consulta 23 de Julio 2017.
- JIMÉNEZ, J.J. (ed.) 1998: *Guía de visita del Parque Nacional de Cabañeros*. Madrid, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, 115 p.
- MAPAMA (2011): *Folleto interpretativo de la Senda del Chorro de los Navalucillos*. http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/cabaneros/Navalucillos_tcm7-280141.pdf. Consulta 21 de Junio de 2017.
- MONTILLA, A. 2005: “El trabajo de campo: Estrategia didáctica en la enseñanza de la Geografía”. *Geoenseñanza*, 10:187-195.
- MORENO, F. & GÓMEZ, J. (eds.) 1984: *Memoria mapa geológico de España: Espinoso del Rey*. Madrid, Instituto Tecnológico Geominero de España, 51 p.
- MUÑOZ, J. 1991: “El Parque Natural de Cabañeros”, en González, J.A. (ed.):

Guía de los Espacios Naturales de Castilla-La Mancha. Servicio de Publicaciones de la Junta de Castilla-La Mancha, Toledo, pp. 441-459.

PEREA, R., PEREA, D.F. & GIMÉNEZ, G. F. (eds.) 2015: *Vegetación y Flora del Parque Nacional de Cabañeros*. Madrid, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, 224 p.

RIVAS MARTÍNEZ (2002): *Worldwide Bioclimatic Classification System*. <http://www.globalbioclimatics.org/pdf/es-retu1.pdf>. Consulta 8 de Agosto de 2017.

VELÁZQUEZ, F. (ed.) 2016: *Cómo introducir la educación ambiental en la escuela y la sociedad*. Barcelona, Ediciones del Serbal, 257 p.

PARTE SEXTA.

INVESTIGACIONES EN PROCESO

MANANTIALES, ¿PARA QUÉ OS QUEREMOS?

José Ramón Aragón Cavaller¹ y María Dolores Aragónés Megía²

¹*Asociación Ojos del Guadiana Vivos*

²*Licenciada en Geografía*

¹*aragonmartin@telefonica.net*, ²*marydoam@hotmail.com*

Palabras claves: Cuenca Alta río Guadiana, Inventario, Manantiales, Puntos de agua, Zonas protegidas

Los manantiales son surgencias de aguas subterráneas que se manifiestan en la superficie terrestre, en los lechos y riberas de los ríos y de algunas lagunas e, incluso, de forma subacuática en las costas marinas. En condiciones naturales, las salidas de agua de los acuíferos se producían a través de manantiales que alimentaban tanto a la red de drenaje como a las zonas húmedas. Los geiseres naturales también se incluyen en la categoría de manantiales, no así los que afloran como consecuencia de pozos artesianos.

A lo largo y ancho del territorio podemos encontrar centenares de manaderos de agua, de mayor o menor caudal, e incluso temporales, que originan y soportan vida, flora y fauna, y que incluso suministran alimento a la población.

Los manantiales se manifiestan en formas singulares: fuentes, cascadas, humedad del suelo, y tienen diversos aprovechamientos: lavaderos, baños medicinales o no, riegos. Los hay panorámicos y algunos están ornamentados. Las instalaciones de los manantiales forman parte del Patrimonio natural, pero también lo pueden ser del patrimonio paisajístico, histórico, hidráulico, artístico y geológico. Asimismo, por sus usos, son activos económicos.

La presente contribución tiene por objeto la puesta en valor de los diferentes tipos de manantiales y justificar su protección como lugares de importancia natural y biogeográfica a nivel global.

1. MANANTIALES

Los manantiales son elementos clave de los paisajes, que generan espacios de elevada biodiversidad.

La variedad de manantiales y de sus características, permiten abordar su clasificación en función de múltiples criterios:

- Por su caudal: permanente, temporal o intermitente.
- Por su calidad: determinada por sus características químicas, principalmente

su grado mineralización y tipos iónicos.

- Por su temperatura: manantiales termales o no.
- Por su aptitud para uso: potables, naturales, minerales, mineromedicinales, contaminados, etc.
- Por su uso: abastecimiento poblacional; aguas envasadas; baños; riego.
- Por sus propiedades sanitarias: aguas potables o aguas de baño.
- Por sus valores intrínsecos: paisajísticos, ornamentales, históricos e incluso de culto religioso.

Esta diversidad se traduce en que aparezcan diferentes denominaciones a nivel local: alfaguara, bonales, borbotón, burga, calda, caño, chorro, fontana, fuente, hervidero, hontanar, geiser, manadero, naciente, ojo, ojuelo, poza, surgencia, trampales, tremedales, vertiente, etc.

Los manantiales forman parte no solo del patrimonio natural, sino también del patrimonio paisajístico, histórico, hidráulico, artístico y geológico y, por sus usos, constituyen auténticos activos económicos.

Los usos de los manantiales son diversos rigiendo el orden de prioridad y preferencia de la planificación de la gestión de las aguas.

2. INVENTARIOS DE MANANTIALES

Un primer antecedente de los inventarios de manantiales podrían ser las primeras ediciones de los mapas a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional y del Ejército, pues en ellos se señalan centenares de puntos de agua en sus hojas. Los manantiales recogidos en las distintas actualizaciones de los mapas son una prueba fehaciente y contundente de como a lo largo de los años ha ido menguando su número hasta su desaparición de muchos de ellos, incluso de la memoria de sus vecinos que ya no los recuerdan.

El inventario propiamente dicho más antiguo que se conoce es el “Inventario de pozos, galerías y manantiales” de los Departamentos de Minas de las administraciones Central y Autonómicas. Por su parte el Instituto Geológico y Minero de España tiene una “Base de Puntos de Agua del IGME” de las distintas zonas que ha estudiado, que incluye también pozos y sondeos. Esto resulta paradójico si se tiene en cuenta que en gran parte de la geografía española los sondeos y los manantiales son incompatibles, pues los primeros afectan a los segundos, en muchos casos y con extrema gravedad, hasta el caso de secarlos.

Complementariamente a este inventario de puntos de aguas, se pueden encontrar datos sobre manantiales en otros trabajos, entre los que destacan los catálogos de Lugares de Interés Hidrogeológico, el proyecto “Conoce tus Fuentes”, la información contenida en las oficinas de minas de las comunidades autónomas y algunas y escasas publicaciones. En todos estos trabajos se incluyen manantiales, pero sin exhaustividad.

Así pues, existen inventarios de manantiales no oficiales o incompletos, situación que se debe a que no son por el momento obligaciones normativas de las distintas administraciones. Los que se han realizado lo han sido por iniciativas ajenas a las propias administraciones y deberían ser tenidos en cuenta para su conservación y actualización.

Para caracterizar los manantiales es preciso obtener datos de ellos, lo que permite relacionarlos en un inventario. Un inventario de manantiales ha de contener una serie de datos, recogidos en fichas estandarizadas, que han recoger como mínimo los siguientes datos:

- Coordenadas X, Y y Z
- Hoja del Mapa del IGN 1:50.000 (nombre y número)
- Croquis de acceso
- Municipio, Provincia, Comunidad autónoma
- Cuenca y subcuenca hidrográfica
- Corriente de destino de sus aguas
- Masa de agua superficial (nombre y código) y masa de agua subterránea (nombre y código)
- Características del manantial
- Régimen de caudales
- Parámetros hidroquímicos (pH, Conductividad, tipos iónicos)
- Afecciones cuantitativas y químicas
- Uso e Instalaciones asociadas
- Pertenencia a alguna zona protegida legalmente

3. OLVIDO ADMINISTRATIVO DE LOS MANANTIALES

Algunos manantiales han sido protegidos por pertenecer a Zonas de Especial Conservación en el marco de la Red Natura 2000 u otras redes de espacios protegidos. Pero la protección de los manantiales precisa extenderse a su zona de influencia, a fin de evitar su degradación cuantitativa y cualitativa.

En enero de 1986, fecha en la que entró en vigor la Ley de Aguas de 1985, que integraba en el dominio público las aguas superficiales y subterráneas como parte del ciclo hidrológico, el inventario de manantiales y galerías entró en el olvido de las administraciones. Desde entonces, los manantiales son los grandes olvidados de los planes de gestión de las aguas de las administraciones hidráulica y ambiental, no existiendo inventarios oficiales de manantiales, y todo ello a pesar de que la legislación distingue entre manantiales de titularidad pública y privada.

El olvido oficial de las manantiales debe ser considerado de máxima gravedad, pues son indicadores singulares para la gestión de las aguas subterráneas. La recuperación del buen estado cualitativo y cuantitativo de las masas de aguas subterráneas, conforme a la Directiva Marco de Aguas, precisa contar con el seguimiento de la evolución de los manantiales, ya que su degradación es indicador del mal estado de las mismas. Un mal estado de las masas de aguas subterráneas puede, además, influir negativamente en el estado ecológico de las masas de aguas superficiales relacionadas.

Por ello, todos los manantiales, sin excepción, deben quedar recogidos en Inventarios oficiales, debiendo entrar los más singulares o representativos en un catálogo de zonas naturales protegidas como indicadores de estado.

4. MANANTIALES DE LA MANCHA

La Mancha es una zona que se caracteriza porque en ella el nacimiento de sus ríos no tiene su origen en la escorrentía de montañas con nieves, en su mayor parte está ocupada por terrenos permeables que forman acuíferos kársticos y detríticos e incluso materiales volcánicos. Es un territorio de muy escasa pendiente, en una extensa planicie en la que la escorrentía superficial no es dominante. Sus ríos nacen con aguas de centenares de manantiales, infiltrándose posteriormente en los acuíferos del Campo de Montiel y de la Llanura manchega. En La Mancha, además existen unos manantiales muy singulares:

- Ojos: manantiales que surgen en el paraje de los Ojos del Guadiana así como en otros parajes de Villarrubia de los Ojos y que van aumentando el caudal de los ríos Guadiana y Gigüela, respectivamente, hasta el encuentro de ambos ríos en Las Tablas de Daimiel.
- Ojuelos: Manantiales que afloran en el lecho del valle de inundación del tramo final del río Gigüela en Villarrubia de los Ojos.
- Hervideros: manantiales de origen volcánico en el Campo de Calatrava generados por la emisión de CO₂.
- Manantiales salinos: Salinas del Pinilla.

Los acuíferos de La Mancha han sido explotados desde la década de los sesenta del siglo pasado, hasta sobrepasar su renovabilidad en la década siguiente, situación que a pesar de medidas restrictivas de la administración hidráulica se mantiene en la actualidad al margen de las sequías.

Esta sobreexplotación es causante del secado y desaparición de manantiales que eran nacimientos de corrientes de segundo nivel como arroyuelos, regatos, regueros, riachuelos, etc.

Pero también los vertidos en las zonas de influencia de los manantiales que acaban contaminado las aguas subterráneas de sus acuíferos afectan a la biodiversidad de los afloramientos de sus aguas.

5. ¿PARA QUÉ QUEREMOS LOS MANANTIALES?

Estando protegidos los humedales y las masas de aguas no hay excusa para tramitar la protección a los manantiales como espacios naturales.

Los manantiales deben ser protegidos porque queremos tenerlos como indicadores idóneos del estado cualitativo y cuantitativo de los acuíferos de los que manan, y por ello, es de máximo interés su protección ante las actividades humanas, debiendo integrarse por tanto en el Registro de Zonas Protegidas de los planes de las demarcaciones hidrológicas.

También queremos recuperar los manantiales porque generan o sostienen espacios de importante biodiversidad.

Además queremos recuperar el Patrimonio Natural del que participan los manantiales por el importante componente de nuestro Patrimonio Común que se ve menguado:

- El patrimonio hidrológico, por el secado de una parte importante de los pequeños espacios del agua, especialmente los que tienen su nacimiento

en las cotas topográficas más elevadas, los cuales se han visto directamente afectados por la bajada de los niveles piezométricos.

- El patrimonio antropológico y cultura, por la desaparición de actividades humanas y modos de vida ligados al uso del agua en estos espacios, tales como huertas, infraestructuras de riego tradicionales, semillas y técnicas autóctonas.
- El patrimonio biológico, por la pérdida de la biodiversidad propia de estos espacios del agua en cuanto a especies de flora y de fauna.
- El patrimonio económico, por la pérdida de valor ecológico y de las actividades económicas ligadas al territorio, como consecuencia del empobrecimiento de las capacidades productivas del mismo.

Por todo ello se debe restaurar el patrimonio natural de los manantiales y recuperar las cotas de los niveles piezométricos de su régimen histórico natural aplicando las restricciones al uso de las aguas que obstaculicen dichos niveles. La recuperación de fuentes y manantiales es una restricción de obligado cumplimiento del uso de los recursos naturales.

Asimismo, se deben recuperar los pequeños espacios del agua en sus aspectos hidrológicos y económicos como objetivo irrenunciable en la gestión del agua, debiendo desplazar su captación a puntos de las corrientes que no afecten a sus cualidades ecológicas.

LA VÍA VERDE DEL GUADIANA: UN RECORRIDO POR LA HISTORIA Y NATURALEZA DEL DISTRITO ANDEVALENSE (SECTOR MARIÁNICO-MONCHIQUENSE)

Cristina Caetano Sánchez¹, Javier López-Tirado¹, José Suárez Suárez² y Pablo J. Hidalgo Fernández¹

¹ *Departamento de Ciencias Integradas, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva*

² *Asociación Herrerías, Puebla de Guzmán (Huelva).*

Palabras clave: Vía Verde del Guadiana, Andévalo, Naturaleza, Minería, Sensibilización Medioambiental

La Vía Verde del Guadiana (inaugurada en 2001) está íntimamente relacionada con la histórica actividad minera del Andévalo occidental de la provincia de Huelva (Andalucía, España) que, siguiendo los pasos de un antiguo tren minero, unió la Mina de las Herrerías con el Puerto de La Laja durante casi un siglo. Puesta en funcionamiento a finales del siglo XIX, cambia actualmente su rutinaria labor dando paso a otra enfocada al turismo rural y al conocimiento del medio ambiente.

El recorrido de esta vía muestra el resultado de la intensa actividad minera, destacando mina La Isabel, el poblado de El Sardón o el Puerto de la Laja. Catalogada como Lugar de Interés Industrial, ofrece a la zona un importante valor histórico, cultural y natural que permite, a nivel divulgativo, el conocimiento y conservación de su patrimonio.

Desde el punto de vista biogeográfico, la zona pertenece al distrito Andevalense del sector Marianico-Monchiquense. En términos bioclimáticos, pertenece al macrobioclima Mediterráneo, con un termotipo Termomediterráneo superior que se hace notar con la presencia de especies termófilas como el acebuche (*Olea europea*) o la esparraguera blanca (*Asparagus albus*) entre otras. El ombrotipo es subhúmedo superior, con precipitaciones en torno a 800 mm anuales. Estas características determinan en gran medida la vegetación que se da en el área de estudio, encontrando algunos endemismos como *Ulex eriocladus*, *Lavandula viridis* o *Cynara algarbiensis*.

El recorrido presenta un elevado interés paisajístico, no sólo albergando numerosas especies de flora y fauna, sino también numerosas explotaciones forestales y campos eólicos que aportan mayor interés al recorrido y suscitan al viandante reflexionar sobre el equilibrio entre conservación, sostenibilidad y sobreexplotación.

También desde el punto de vista geológico, la zona de estudio se incluye en la Faja Pirítica Ibérica que se extiende desde el sur de Lisboa hasta los alrededores

de la Sierra Norte de Sevilla. Está considerada una de las principales provincias metalogenéticas a escala mundial, dando respuesta a la explotación de los recursos mineros años atrás que dejan una enorme impronta en el paisaje, no sólo por las infraestructuras ligadas a esta actividad sino por el tipo de vegetación y usos del suelo que presenta actualmente la zona.

Así, el objetivo de este estudio pretende la consecución de una Guía Natural que analice y describa todos estos elementos de interés para los usuarios de la zona, así como para el conocimiento de los usos que ancestralmente se han dado a este enclave y la puesta en valor del distrito Andevalense a través de la Vía Verde del Guadiana.

ESTUDIO DE LA REGENERACIÓN ESPONTÁNEA DE HELÓFITOS EN DRENAJES ÁCIDOS DE MINAS DESCONTAMINADOS MEDIANTE TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTOS PASIVOS EN LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA (ANDALUCÍA, ESPAÑA)

Pablo J. Hidalgo Fernández¹, Javier López-Tirado¹, Francisco Macías Suárez²
Antonio Sánchez Almendro¹ y José Miguel Nieto Liñán²

¹ *Departamento de Ciencias Integradas, Universidad de Huelva*

² *Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Huelva*

Palabras clave: Drenaje ácido de minas, Regeneración, Tratamientos pasivos, Faja pirítica, Vegetación riparia.

Es mundialmente conocida la extrema contaminación por metales y acidez (Drenaje Ácido de Mina, DAM) que presentan los ríos y arroyos que atraviesan la Faja Pirítica Ibérica (FPI). Esta contaminación es fundamentalmente una herencia de la pésima gestión que en tiempos pasados se realizaba en las más de 100 explotaciones mineras, tanto a cielo abierto como de galería, presentes en la FPI, sobre todo desde un punto de vista ambiental. Los ecosistemas naturales asociados a ríos y arroyos se ven afectados seriamente porque los valores de pH del agua y de concentraciones de metales pesados son extremos, impidiendo el normal desarrollo de bosques de ribera y otras comunidades helofíticas, así como de la fauna vinculada a estas formaciones vegetales, especialmente de macro y microinvertebrados.

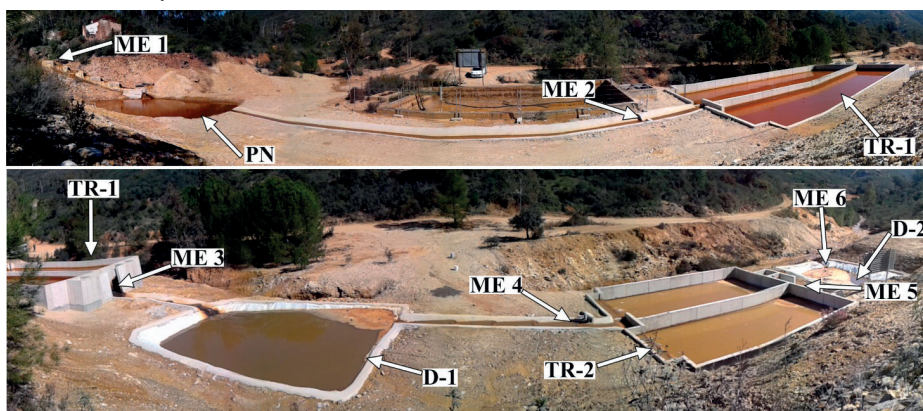
El DAM puede ser tratado por tecnologías activas o pasivas. Las primeras requieren el uso continuo de energía y dosificación de reactivos, y son el tratamiento ideal para la minería activa. Sin embargo, para el caso de antiguas minas abandonadas y/o para la clausura de actuales minas, los tratamientos pasivos son más recomendables, ya que el caudal es menor y el sistema es más sostenible económica y medioambientalmente, al no requerir energía externa en su funcionamiento, por lo que el mantenimiento no es muy costoso. Existen muchos tratamientos pasivos, como la utilización de humedales con diversas especies de plantas, tales como algunas de los géneros *Typha*, *Juncus*, *Desmostachya*, *Saccharum*, *Eleocharis*, *Potamogeton*, *Carex*, *Poa* o *Scirpoides*, capaces de estabilizar y acumular metales pesados y/o regular el flujo del agua concentrada en metales. No obstante, este sistema solo es válido cuando el grado de contaminación es bajo, como es el caso de los lixiviados de minería de carbón, pero no tienen utilidad para el entorno de minería de sulfuros, como la que encontramos en la FPI.

El estudio ha estado dirigido al DAM de la galería abandonada de Mina Esperanza (Huelva), que presenta un valor promedio de pH de 2,64 y contiene valores medios de 596 mg/L de Fe, 112 mg/L de Al, 16 mg/L de Cu, 12 mg/L de Zn, y 0.1-3 mg/L de As, Cr, Cd, Co, Ni y REY (sumatorio de tierras raras e ytrio).

El vertido presenta un caudal promedio de 1 L/s. La tecnología e tratamiento utilizada en este trabajo (Figura 1) consiste en un Sustrato Alcalino Disperso (SAD) compuesto por la mezcla de un material grueso e inerte (virutas de madera) con un material reactivo alcalino de tamaño de grano fino (arena caliza).

La planta DAS instalada en 2014 en la FPI lleva 3 años a pleno funcionamiento y está constituida por un pre-tratamiento (PN) de 100 m² de superficie, seguido por un primer tanque reactivo (TR-1) con un volumen de 960 m³ (dividido en 2 vasos) relleno con material reactivo tipo SAD-Calizo. Este tanque reactivo se encuentra conectado en serie con decantadores (D-1 y D-2) de 100 m² de superficie, y un segundo tanque reactivo (TR-2) intermedio de 720 m³ con el mismo relleno reactivo que el primero.

Figura 1. Esquema de la planta DAS de tratamiento del DÁM. Arriba, primer tramo del sistema: pre-tratamiento y TR1. Abajo, segundo tramo del tratamiento: decantadores y TR2.



La Figura 2 muestra la mejora en la calidad del DAM de Mina Esperanza tras ser tratado en la planta DAS. La disolución del material reactivo eleva el pH de la solución a valores medios de 6,46 en el vertido final tratado, con aumento de la alcalinidad de unos 320 mg/L en los tanques reactivos. Se produce una disminución de la reserva alcalina en el DAS debida a la amortiguación de la acidez del vertido en los decantadores vía precipitación de metales. Durante el periodo monitorizado (marzo-agosto de 2014), se ha observado una disminución en la Conductividad Eléctrica (CE) de 2,6 mS/cm en el vertido a 1 mS/cm en el agua tratada.

En su conjunto, la planta DAS de Mina Esperanza es capaz de retener el 100% de Al, Cu, Zn, REY, As, Co, Ni, Cr y Cd; así como el 84% del Fe (Figura 3).

Figura 2. Evolución mensual (ME, meses 1 a 6) de pH, conductividad eléctrica (CE) y alcalinidad (Alk) después de la instalación de la planta DAS.

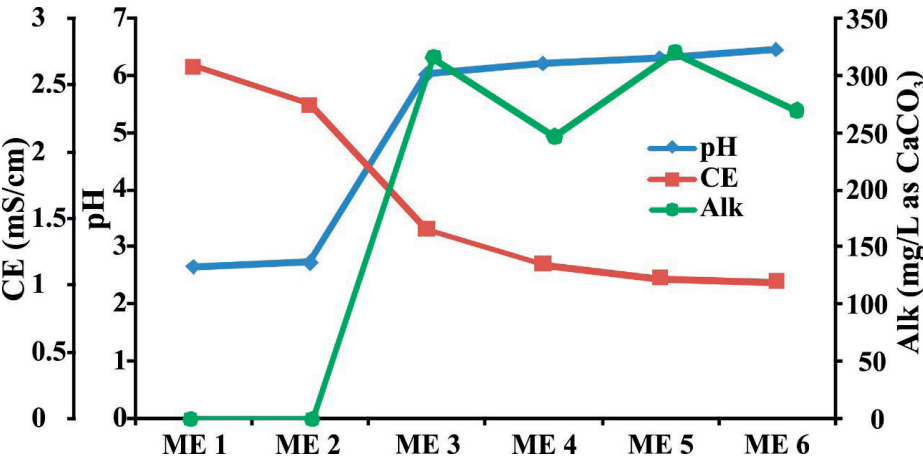
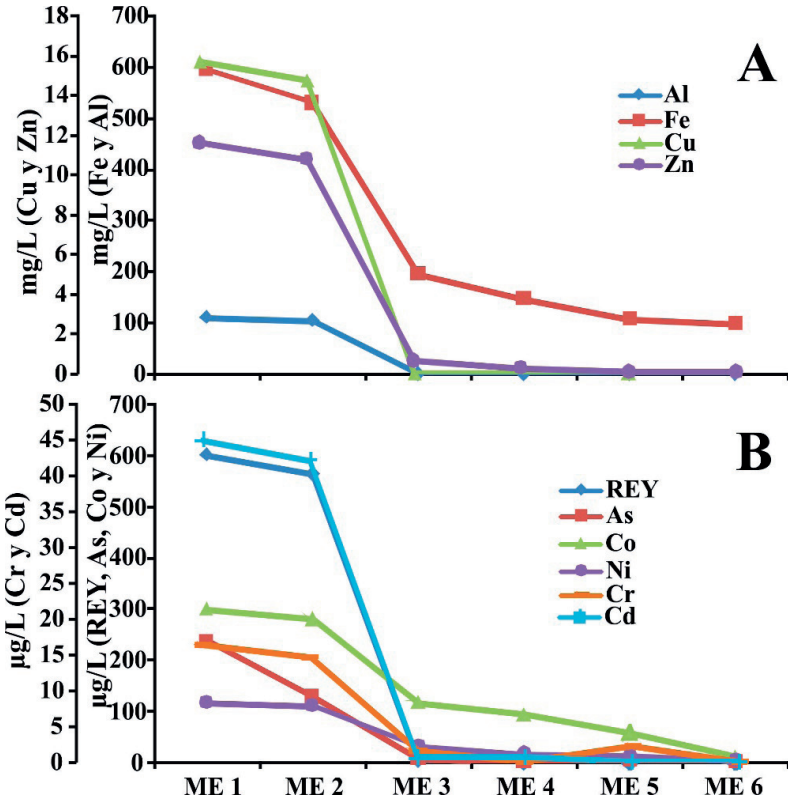


Figura 3. Evolución de los principales metales del DAM tras el tratamiento: A) Aluminio (Al), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn); B) Tierras raras e itrio (REY), arsénico (As), cobalto (Co), níquel (Ni), Cromo (Cr) y Cadmio (Cd).



Desde el inicio del tratamiento, se realizó un seguimiento mensual de la colonización espontánea por comunidades de helófitos del punto a la salida del proceso (Figura 4). En esta zona aparecieron poco a poco numerosos individuos de *Scirpoides holoschoenus*, especie característica y bioindicadora del orden *Holoschoenetalia vulgaris* (comunidades praderías y juncoides higrófilas mediterráneas y submediterráneas), y posiblemente representante de la comunidad de *Trifolium resupinati*-*Holoschoenetum vulgaris*. También aparecieron, en las zonas más inundadas, individuos de la especie *Typha angustifolia*, definitoria de la subalianza *Phragmitenion australis* (carrizos y espadañas de aguas profundas sensibles a la desecación), o elemento de la comunidad de *Typha angustifoliae*-*Phragmitetum australis*. Los abundantes ejemplares de estas dos especies alcanzaban valores de cobertura muy elevados (entre 2 y 3 en la escala de Braun-Blanquet), y sus ciclos vegetativos y reproductivos durante estos 3 años han sido aparentemente normales. El color rojizo del sustrato donde se está produciendo la regeneración procede de depósitos anteriores al tratamiento y parecen no impedir el normal desarrollo de las especies.

Figura 4. Seguimiento de la regeneración natural de especies helófitas tras el tratamiento del DAM. Los individuos grandes corresponden a *Typha angustifolia* (imagen de detalle a la izquierda) mientras que los de menor talla son de *Scirpoides holoschoenus* (imagen de detalle a la derecha).



Los bruscos cambios hidroquímicos descritos en la Figura 2 implican una fuerte retención de metales en las diferentes etapas del proceso. La evolución de estas comunidades a lo largo de los años podría demostrar que la regeneración de esas zonas altamente contaminadas es posible con este sencillo y eficaz tratamiento. El estudio tendrá continuidad en el tiempo para conocer la evolución de esta incipiente vegetación y si etapas posteriores como zarzales-adelfares (*Rubus ulmifolii*-*Nerietum oleander*), tamujares (*Pyro bourgaeanae*-*Fluggeetum tinctoriae*) o incluso fresnedas (*Ficario ranunculoidis*-*Fraxinetum angustifoliae*), pudieran ser también compatibles con esta regeneración.

ANÁLISIS DE LOS RECURSOS EDUCATIVOS QUE LAS ADMINISTRACIONES GENERAN EN SUS ACTUACIONES SOBRE EL PATRIMONIO NATURAL. EL CASO DE LA REGIÓN DE MURCIA

María Rosa Mateo Girona

Centro Universitario Villanueva, adscrito a UCM

rmateo@villanueva.edu

Palabras clave: Paisaje, Patrimonio natural, Educación geográfica

Esta aportación se realiza en el marco de una línea de investigación en didáctica de la Geografía que se viene desarrollando durante los últimos tres años. Una de las finalidades es, en primer lugar, identificar los proyectos o programas que las distintas administraciones desarrollan para recuperar, conservar y dar a conocer el patrimonio natural. En segundo lugar, se trata de analizar dichos proyectos y comprobar si los profesores pueden utilizarlos para desplegar una educación ambiental activa de los alumnos.

Desde mediados de los años ochenta, las distintas administraciones (nacional, regional y local) desarrollan algunos proyectos medioambientales, turísticos o educativos que pueden ayudar a los maestros a impartir una educación ambiental. Ver y pensar sobre el paisaje son las dos tareas del geógrafo y maestro de geógrafos. El objetivo de esta educación ambiental es el conocimiento activo del patrimonio natural y cultural de los distintos territorios a través del trabajo de campo. Se precisa, por tanto, conocer las posibilidades didácticas de esos proyectos para elaborar propuestas de aprendizaje que sean formativas para los alumnos, que busquen el contacto directo con la realidad sobre la que pensar, y que los impulsen a participar activamente en el desarrollo de los paisajes.

En anteriores trabajos¹, se seleccionaron algunas actuaciones realizadas por la administración regional de Murcia para favorecer el conocimiento divulgativo de la riqueza del patrimonio natural de este territorio; y se profundizó en el uso didáctico de los mismos. Así, se examinaron cómo, en la década de los noventa, la Red de Aulas y Talleres de Naturaleza inician la educación paisajística, trabajando el “ojo morfológico” (Sauer, 1956); y, al mismo tiempo, los Espacios Naturales Protegidos comenzaron a desempeñar una función claramente educativa. Los

¹ Se presentó una comunicación en el I Congreso Internacional Patrimonio y Educación, celebrado en Granada en mayo de 2014. Así mismo, se han realizado varios trabajos de fin de grado evaluando algunos recursos concretos de diferentes territorios (Murcia, Valencia, Madrid).

Itinerarios Ecoturísticos (2003) y la Red de Senderos (2008) aspiraban a consolidar un patrimonio viario que recorre paisajes naturales y urbanos, éstos generalmente cotidianos. Todos ellos podían tener un gran valor educativo.

En la tabla 1 se resumen algunos de los programas que se analizaron hace tres años. Se añaden, además, los cambios acontecidos en el diseño de dichos programas como consecuencia de la reorganización administrativa de la Comunidad Autónoma. Como se puede apreciar en dicha tabla, de los programas que la administración regional de Murcia había desarrollado a lo largo de las últimas tres décadas sobre el patrimonio natural y cultural; solo la red de Aulas y Talleres de la Naturaleza nació para el ámbito educativo. Los otros procedían del ámbito turístico (Itinerarios Ecoturísticos) y de la actividad medioambiental (Parques Regionales y Red de Senderos).

Tabla 1. Síntesis de los recursos educativos desarrollados sobre el patrimonio natural por la administración regional de Murcia.

Programas de Administraciones regionales	Unidad administrativa	Fechas	Dirigido a	Localización	Materiales	Participación
Red de Aulas de la Naturaleza	Consejería de Industria y Medio Ambiente y Consejería de Educación	1993-2010	Colegios	7 aulas: Totana, Cartagena, Cieza, Calasparra, Caravaca, Yecla, Puerto Lumbreras	Cuadernos didácticos, juegos educativos, fichas didácticas, etc.	2007/8: 8851 2008/9: 12515 2009/10: 11862
Talleres de la Naturaleza	Consejería de Industria y Medio Ambiente y Consejería de Educación	1993-2010	Colegios	5 talleres: San Pedro del Pinatar, Cartagena, Murcia (2), Fortuna	Cuadernos didácticos, juegos educativos, fichas didácticas, etc.	
Centros de Visitantes de los Espacios Naturales Protegidos	Consejería de Turismo, Cultura y Medio Ambiente	1979-	Público general	4 centros: Murcia (EV) Alhama (RC) San Pedro del Pinatar (LS) Cartagena (LC)	Guías de fauna y flora Planos de los ENP (Formato digital)	2015: 47103 2016: 62645
Puntos de Información de los Espacios Naturales Protegidos	Consejería de Turismo, Cultura y Medio Ambiente	1992-	Público general	1 punto: Calasparra (C)	Guía básica de fauna y flora de la Reserva Natural Cañaverosa 2015 Plano de la Reserva Natural de Cañaverosa 2016 (Formato digital)	2015: 5303 2016: 5892

Programas de Administraciones regionales	Unidad administrativa	Fechas	Dirigido a	Localización	Materiales	Participación
Vías Verdes o Itinerarios Ecoturísticos	Consejería de Turismo y Ordenación del Territorio	2003-2013	Público general	62 itinerarios identificados. 11 pasan a la Red Verde del Mediterráneo. 6 Rutas turísticas publicitadas al fin.	Ficha técnica con mapa	Sin datos
Red de Senderos regional	Consejería de Industria y Medio Ambiente. D.G. del Medio Natural	2005-2017	Público general	De 70 senderos previstos en 45 municipios con más de 500 km., a 24 senderos desarrollados en 10 municipios con 179 km.	Ficha técnica con plano Track GPS	Sin datos
Naturaleza: Senderos	Consejería de Turismo, Cultura y Medio Ambiente	2017-	Público general	106 senderos en 45 municipios	Aprovecha algunos materiales anteriores: Ficha técnica con plano Track GPS	Sin datos (nº de entradas en la web del sendero)
<i>Elaboración propia.</i> Fuente: Mateo Girona, 2013.						

En esta última década, la infraestructura generada para la red de aulas y talleres se ha integrado, en buena parte, en los centros y puntos de información de la Red de Espacios Naturales, y continúa generando unas actividades educativas con un personal bien formado y unos materiales didácticos que siguen la línea hasta el momento trabajada. Se piensa que pueden ayudar a los trabajos de campo que los profesores han de programar con los alumnos en distintos niveles.

No sucede lo mismo con la red de senderos y los itinerarios ecoturísticos. En su origen y su desarrollo a lo largo del tiempo, ambos proyectos parecían solaparse y nunca llegaron a finalizarse. La actual Consejería de Turismo, Cultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia asume competencias sobre estos dos proyectos a partir de 2017. Con anterioridad, las áreas de turismo y medio ambiente se habían encontrado siempre en departamentos distintos de la administración regional. La última fila de esa tabla 1 refleja la convergencia de ambas áreas en la misma consejería. Este hecho podría facilitar que quede un único programa de senderos regionales y que éste tenga más y mejores recursos, dado que el área de medio ambiente puede aportar todo el material didáctico que ha ido elaborando durante estos años. En una primera evaluación de los materiales que proporciona la web

no parece que esto sea así. De los 106 senderos que se ofrecen en esa web, se han analizado por el momento 23, que aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2. Senderos de gran recorrido y locales en la Región de Murcia, 2017.

Nombre	Espacio	Calificación	km	Nº Visitas virtuales	Actualizado	Folleto	Enlace documentación (recuperado el 31/12/2017)
GR-7 GR 7 - E4, REGIÓN DE MURCIA	REGIÓN DE MURCIA	Gran Recorrido	170	28	13/10/2017	NO	
GR-7.1 CAMINO DE LA CRUZ DE ANDALUCÍA	ARCHIVEL (CARAVACA DE LA CRUZ)	Gran Recorrido	62,82	211	14/02/2016	SI	http://nexo.carm.es/nexo/senderos/documentos/FOLLETO_2.pdf
GR-7.2 CAMINO DE LA CRUZ DEL CAMPO DE SAN JUAN	CARAVACA DE LA CRUZ	Gran Recorrido	22,41	257	14/02/2016	SI	http://nexo.carm.es/nexo/senderos/documentos/FOLLETO_7.pdf
GR-92 CAMINO DEL MEDITERRÁNEO REGIÓN DE MURCIA	ISLA PLANA (CARTAGENA)	Gran Recorrido	181	437	14/02/2016	SI	http://nexo.carm.es/nexo/senderos/documentos/FOLLETO_3.pdf
GR-127 RÍO SEGURA	MURCIA	Gran Recorrido	166,41	402	14/02/2016	NO	
GR-250 CAMINO DEL APOSTOL	CARTAGENA	Gran Recorrido	157,0	333	14/02/2016	SI	http://nexo.carm.es/nexo/senderos/documentos/FOLLETO_5.pdf
GR-251 CAMINO DE LA CRUZ DEL ALTIPLANO		Gran Recorrido	92,8	501	21/01/2016	SI	
GR-252 CAMINO DE LA CRUZ DEL BAJO GUADALENTÍN		Gran Recorrido	119,5	328	21/01/2016	NO	
GR-253 CAMINO DE LA CRUZ DEL ALTO GUADALENTÍN		Gran Recorrido	116,4	191	21/01/2016	NO	
SL-1 SENDERO RICARDO CODORNIU	ALHAMA DE MURCIA	Sendero Local	2,4	209	18/02/2016	SI	http://nexo.carm.es/nexo/senderos/documentos/FOLLETO_95.pdf
SL-2 SENDERO DE LAS ALQUERÍAS	LA SIERRA (TOTANA)	Sendero Local	3,5	168	18/02/2016	SI	http://nexo.carm.es/nexo/senderos/documentos/FOLLETO_96.pdf
SL-3 SENDERO DE SANTA EULALIA Y CORAZÓN DE JESÚS	LA SIERRA (TOTANA)	Sendero Local	2,4	147	18/02/2016	SI	http://nexo.carm.es/nexo/senderos/documentos/FOLLETO_97.pdf
SL-5 SENDA DEL CASTILLO		Sendero Local	3,2	181	13/02/2015	NO	
SL-6 ERMITA DE LOS REMEDIOS - MIRADOR DE LA CRUZ	PLIEGO	Sendero Local	1,9	176	18/02/2016	NO	
SL-7 SENDERO EL VALLE - C I LA LUZ	SANTO ANGEL (MURCIA)	Sendero Local	1,8	313	15/03/2016	NO	
SL-8 SENDERO DEL CARMOLÍ	LOS URRUTIAS (CARTAGENA)	Sendero Local	2,0	168	18/02/2016	NO	
SL-9 SENDERO DE EL COTERILLO	SAN PEDRO DEL PINATAR	Sendero Local	1,8	222	18/02/2016	NO	
SL-10 CAMINA 10.000 PASOS	MUNICIPIO DE MURCIA	Sendero Local	15,7	208	13/02/2015	NO	
SL-11 CABEZO GORDO	BALSICAS (TORRE PACHECO)	Sendero Local	1,8	243	18/02/2016	NO	
SL-12 MUELA DE ALBUDEITE		Sendero Local	3,3	146	13/02/2015	NO	
SL-14 CAMINA 10.000 PASOS - CAPO DE PALOS	CABO DE PALOS (CARTAGENA)	Sendero Local	7,7	468	18/02/2016	NO	
SL-15 SENDERO MIGUEL ÁNGEL CÁMARA BOTÍA	TORRE GUIL (MURCIA)	Sendero Local	2,4	261	18/02/2016	NO	
SL-16 SENDERO DE LAS ERMITAS DE GEBAS	GEBAS (ALHAMA DE MURCIA)	Sendero Local	1,5	325	18/02/2016	NO	

De estos 23 senderos, 9 son de gran recorrido (GR) y 14 son senderos locales (SL). Los de gran recorrido suman un total de 1088 km y los senderos locales 51,5 km. Los primeros atraviesan varios municipios, incluso comunidades autónomas vecinas; mientras los segundos se circunscriben a un municipio. De estos 23, sólo 7 acceden de hecho a los folletos realizados en el programa *Red de Senderos* que contenían planos e información sobre el paisaje natural y cultural que se podía ver a lo largo de ese recorrido, lo que supone un tercio del total. El resto, 16 senderos o un **70% en términos relativos**, sólo tienen un enlace a wikiloc, para descargarse rutas en kml o gpx, o bien información del sendero según MIDE (Método de información de excursiones) que ayudan, en todo caso, a la selección del sendero en función de la dificultad y la edad de los alumnos. No aparece, por tanto, información del paisaje

por el que transcurre dicho sendero ni planos para utilizarlos con los alumnos. Nos queda por analizar 81 senderos de pequeño recorrido (PR) y comprobar si en éstos la administración facilita las fichas y recursos que sí se encontraban en los programas anteriores.

Otra de las variables que estudiamos en estos programas se refiere a la participación de los centros escolares. Los datos pocos datos concretos correspondían a la extinta red de aulas y talleres de la naturaleza, y suponía un 5,1% de la población escolar (para el curso 2009/2010), por lo que se podía calificar de baja. En las memorias anuales de los Centros de visitantes y puntos de información sí aparecían datos de la afluencia mensual de visitantes a esos espacios, incluso se desagregaron los correspondientes a centros escolares en alguno de ellos durante algún curso. En la actualidad, sigue sin evaluarse de forma concreta la participación de los centros escolares en todos estos programas, lo que sin duda frena el diseño de recursos y materiales dirigidos a ellos, tanto a los alumnos como a los profesores. El número de visitas virtuales a cada uno de los senderos que aparece en la web, no nos ayuda en nuestro objetivo.

Para finalizar, parece fundamental informar a los profesores de la existencia de estos programas, y de implicarlos en el diseño de las actividades y de los materiales; formar a los profesores es siempre la mejor inversión en educación.

BIBLIOGRAFÍA

AVILA, R.M. (coord.) 2009: *Las competencias profesionales para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias sociales ante el reto europeo y la globalización*. Bilbao, Asociación Universitaria de Profesores de Didáctica de las Ciencias Sociales Ed., 598 p.

BALLESTEROS, E. (coord.) 2003: *El Patrimonio y la Didáctica de las Ciencias Sociales*. Cuenca, Servicio de Publicaciones de la Universidad Castilla-La Mancha, 296 p.

CAMBIL, E. & ROMERO, G. 2013: “Una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la historia y la geografía desde el patrimonio cultural en el grado de maestro en educación primaria”. *Clío: History and History Teaching*, 39: 1-16.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA DE LA REGIÓN DE MURCIA. DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO NATURAL Y BIODIVERSIDAD 2008: *Red de senderos naturales de la Región de Murcia*. <http://www.murcianatural.carm.es/senderos/>. Consulta 30 de octubre de 2017.

CONSEJERÍA DE TURISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO 2003: *Estudio de Itinerarios Ecoturísticos para el establecimiento de la Red Verde de la Región de Murcia*. [http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=11172&IDTIPO=100&RASTRO=c617\\$m](http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=11172&IDTIPO=100&RASTRO=c617$m). Consulta 30 de octubre de 2017.

DECRETO de la Presidencia n.º 18/2015, de 4 de julio, de reorganización de la Administración Regional. Suplemento número 2 del BORM número 152 de 04/07/2015, 2 p.

DECRETO del Presidente n.º 3/2017, de 4 de mayo, de reorganización de la Administración Regional. Número 102 Viernes, 5 de mayo de 2017, 15060 p.

FEDME 2015: *Manual de señalización de senderos GR, PL y SL*. <https://issuu>.

com/bibliotecafedme/docs/manualsenderosfedme_2015 Consulta 31 de octubre de 2017. Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada.

JEREZ, O. 2009: "Recursos y materiales didácticos para el conocimiento del medio en dos áreas protegidas ibéricas: el parque nacional de las tablas de Daimiel (España) y la reserva natural del estuario del Tajo (Portugal)". En VV.AA. *Actas del IV Congreso Ibérico de didáctica de la Geografía*. Lisboa, Asociación Portuguesa de Geógrafos Ed., 11 p.

MARRÓN, M.J. 1990: "El entorno como objeto de estudio y como recurso didáctico para la enseñanza de las Ciencias Sociales en la E.G.B. Una experiencia de trabajo para el estudio activo del entorno rural". *Revista Didáctica Lengua y Literatura*, 2: 161-170.

MARTÍNEZ DE PISÓN, E. 2010: "Saber ver el paisaje". *Estudios Geográficos*, 269: 395-414.

MATEO, M.R. 2014: "Ver y pensar sobre el paisaje tarea del maestro de geógrafos. El aprendizaje del patrimonio en Murcia". En VV.AA. *Actas I Congreso Internacional Patrimonio y Educación*. Granada, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada, 11 p.

MIGUEL, R., LÁZARO, M.L. & MARRÓN, M.J. (coord.) 2012: "La educación geográfica digital". En VV.AA. *Actas del Congreso*. Zaragoza, Ed. Asociación Geógrafos Españoles y Universidad de Zaragoza, 691 p.

MORENO, A. & MARRÓN, M.J. (ed.) 1996: *Enseñar Geografía. De la teoría a la práctica*. Madrid, Ed. Síntesis, 400 p.

ORTEGA, N. 2010: "El lugar del paisaje en la geografía moderna". *Estudios Geográficos*. 269: 367-393.

SÁNCHEZ, J. & GIL, A. 1986: "La excursión geográfica para alumnos de E.G.B. y B.U.P. Un ejemplo: Los pueblos del Norte de Madrid". *Didáctica Geográfica*, 14: 65-85.

SAUER, C. 1956: *La educación de un geógrafo. Discurso en la 52ª Reunión de la Asociación Norteamericana de Geógrafos, Montreal, Canadá*. www.colorado.edu/geography/giw. Consulta el 31 de octubre de 2017.

VV.AA. 2009: "La educación de la ciudadanía y la formación del profesorado. Un proyecto educativo para la estrategia de Lisboa". *Actas XX Simposio Internacional de Didáctica de las Ciencias Sociales*, Bolonia, Pàtron Editore, 573 p.

BOSQUE DE ALIMENTOS MEDITERRÁNEO: UNA EXPERIENCIA PILOTO EN BÚSQUEDA DE UN SISTEMA COMPATIBLE ENTRE PRODUCTIVIDAD Y CONSERVACIÓN EN EL MEDIO AGRARIO

Rafael Porras Alonso¹, Javier López-Tirado², Alessia Nizzoli¹, Elisabetta Graziani¹ y Pablo J. Hidalgo Fernández²

¹*Biogeos, Estudios Ambientales, S.L.*

²*Departamento de Ciencias Integradas, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva*

rafael@biogeos.es, javier.lopez@dbasp.ubu.es, pablo.hidalgo@dbasp.ubu.es

Palabras clave: Bosque de alimentos, Productividad, Conservación.

El modelo de manejo agronómico industrial actual es un sistema productivo degradativo, poco respetuoso con el medio natural, que favorece la desestructuración y empobrecimiento de suelos, la contaminación por uso de agroquímicos, y la dependencia de grandes insumos de energía, agua y fertilizantes. Fomenta un modelo de monocultivos con biodiversidad muy escasa.

El objetivo de este estudio es el desarrollo de un modelo productivo alimentario que emule las condiciones ecológicas típicas de un bosque mediterráneo, favoreciendo la conservación y producción de suelo, la generación de un sistema autosuficiente de recursos y un reservorio de biodiversidad en ambientes mediterráneos eminentemente agrarios. Para ello, desde octubre de 2016 se ha iniciado una experiencia piloto en la Vega del Guadalquivir, Villafranca de Córdoba. Se trata de una parcela experimental de 2500 m² con manejo inicial de labor de regadío y olivar incipiente en un entorno agrario. En el seno de esta parcela se está llevando a cabo una transformación hacia un bosque de alimentos con uso de especies de carácter autóctono y potenciación de variedades locales, como medio de fomento y preservación de la biodiversidad vegetal y refugio de fauna autóctona (Figura 1).

Se ha establecido un diseño con diversas medidas de manejo del suelo para su protección y mejora como son:

- **No laboreo.** Preserva la estructura del suelo y favorece la supervivencia de fauna y microorganismos edáficos, y en última instancia, el mantenimiento de “suelos vivos”.
- **Siembra de abonos verdes.** Hasta el momento se han utilizado cinco especies: veza (*Vicia sativa* y *V. villosa*), avena (*Avena sativa*), mostaza (*Sinapis alba*) y tréboles (*Trifolium repens*), que ejercen diversos papeles complementarios entre sí. Las especies leguminosas (veza y tréboles), permiten la fijación de

nitrógeno atmosférico. La avena, con raíces fasciculadas, favorece la creación de un suelo más esponjoso y una mayor retención de humedad, mientras que la mostaza, con raíz profunda pivotante asciende a superficie nutrientes que se encuentran a mayor profundidad, siendo además buena productora de residuos vegetales utilizables para acolchado del suelo.

- Adiciones de compost vegetal y animal. Se están realizando dos tipos de compostaje. Compostaje en frío con desechos procedentes de restos vegetales domésticos y pila térmica de compost con estiércol de caballo y gallina y restos vegetales como paja y restos de pastizal.
- Acolchados orgánicos en superficie (*mulching*). Se están utilizando acolchados del suelo mediante el uso de restos de poda, siega de pastizal, césped, paja, cartones y hojarasca boscosa. Entre las principales funciones del *mulching* se encuentran la protección del suelo frente a la erosión, enriquecimiento de materia orgánica, reducción de evapotranspiración, favorecimiento de hongos y microorganismos, y la reducción de la germinación y del desarrollo de especies arvenses no deseadas.

Figura 1. a) Mapa de localización, b) Estado inicial de la parcela, c) Simulación bosque proyectado



Entre otras actividades de diversa índole que también se están realizando destacan:

- La inclusión de gallinas en semilibertad como elementos de control de flora arvense y plagas, y el abonado y aireado del suelo.
- Establecimiento de setos vivos multifuncionales. Estos importantes elementos permiten el establecimiento de un sistema de protección antiintrusión, la mejora de la percepción paisajística, generación de barreras frente al viento, la inclusión de ecosistemas de refugio para especies vegetales autóctonas, de insectos polinizadores y otra fauna silvestre como reptiles, aves y pequeños mamíferos.
- Generación de una charca artificial con especies vegetales de ambientes húmedos (entre otras *Mentha pulegium*, *Mentha cervina*, *Ceratophyllum demersum*, *Equisetum hyemale*, *Lemna minor*, *Eleocharis palustris*, *Ranunculus sp.* etc.), y que permite el desarrollo de un ecosistema para anfibios como la rana común (*Pelophylax perezi*) o el sapo corredor (*Epidalea calamita*), insectos, como las 4 especies de odonatos observados hasta el momento, y de moluscos (en la actualidad dos especies de caracoles acuáticos). Entre las funciones que proporciona la charca se encuentran, el ser refugio y soporte de biodiversidad tanto vegetal y animal, el desarrollo de especies vegetales productivas, fuente de agua y alimento para aves insectívoras (herrerillos, carboneros, petirrojos, etc.), y un sistema de control de plagas proporcionado por anfibios y odonatos.
- Creación de diversos tipos de refugio como los refugios de piedras semienterradas y hojarasca para anfibios, invertebrados y reptiles, cajas nido para aves, y bichohoteles para insectos. Todo ello facilita el establecimiento de una fauna variada que favorece la reducción del riesgo de plagas e incrementa los niveles de biodiversidad.
- Creación de una espiral de aromáticas-rocalla. Ello permite en un reducido espacio (inferior a 3 m²) la generación de gradientes de humedad y niveles lumínicos que permiten la siembra de diversas especies productivas con distintos requerimientos ecológicos y, adicionalmente, la creación de otro sistema de refugio para reptiles e invertebrados.
- Plantación de especies facilitadoras de un proceso de sucesión ecológica acelerado. Entre otras se están introduciendo especies leguminosas herbáceas como tréboles (*Trifolium repens*), y alfalfa (*Medicago sativa*) y leñosas de crecimiento rápido como mimosas (*Albizia julibrissin*), y la tipa (*Tipuana tipu*). Con ello se mejoran las características estructurales del suelo, se realiza un aporte de materia orgánica y nutrientes, se retienen mayores niveles de humedad tanto edáfica como en superficie y se promueve el establecimiento de sombras.
- Favorecimiento y siembra de especies herbáceas autóctonas mediterráneas alimentarias/productivas tradicionales como la cerraja (*Sonchus oleraceus*), hipérico (*Hypericum perforatum*), colleja (*Silene vulgaris*), ortiga (*Urtica urens*), hinojo (*Foeniculum vulgare*), rúcula (*Eruca sativa*), berza (*Scolymus hispanicus*), etc., como un sistema alternativo al modelo actual de consumo alimentario basado en un reducido número de especies y variedades vegetales, y como

medio de recuperación de antiguas costumbres alimentarias rurales.

- Plantaciones y siembras de especies auxiliares para atracción de polinizadores, de control de plagas y reservorio de biodiversidad de fauna. Entre otras la gallomba (*Spartium junceum*, albahaca (*Ocimum basilicum*), tagates (*Tagetes sp.*), capuchina (*Tropaeolum majus*), etc.

El resultado esperado para los próximos años es el establecimiento, mediante la creación de un suelo bien estructurado y rico en microorganismos, nutrientes y materia orgánica, y de procesos de sucesión ecológica acelerada con uso de especies facilitadoras leñosas de rápido crecimiento, de (1) una cobertura vegetal pseudoboscosa densa (superior al 80%) mixta y multiestratificada de flora autóctona (entre otros, *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*, *Arbutus unedo*, *Retama sphaerocarpa*, *Ceratonia siliqua*, *Myrtus communis*, *Prunus spinosa*, *Rubus ulmifolius*, *Ficus carica*, *Rosmarinus officinalis*, *Asparagus acutifolius*, *Genista hirsuta*, *Thymus* spp, *Chamaerops humilis*, etc.), y de frutales arbustivos y arbóreos (olivos, vides, nísperos, manzanos, melocotoneros, almendros, zarzamoras, groselleros, naranjos, moreros blanco y negro, limoneros). Todo ello preferentemente mediante el uso de variedades autóctonas. Y, por otra parte, (2) la creación de un espacio hortícola herbáceo constituido preferentemente por especies silvestres y variedades agronómicas autóctonas, con un manejo optimizado, mediante el uso de técnicas como los bancales en cresta con rotación de cultivos por familias, y la asociación de cultivos, capaz de compatibilizar productividad agraria y la conservación de flora y fauna mediterráneas.

Todo ello permitirá en el futuro realizar un estudio comparativo de la productividad agronómica, las características edafológicas, características estructurales y funcionales de la cubierta vegetal, la biodiversidad vegetal y animal y las relaciones ecológicas de los distintos elementos bióticos y no bióticos entre la parcela experimental y el entorno agrario adyacente con un manejo productivo habitual.

LA HUELLA DEL FUEGO EN EL PAISAJE FORESTAL DEL SISTEMA CENTRAL

Catarina Romão Sequeira¹, Cristina Montiel Molina¹ y Francisco Rego²

*¹Departamento de Análisis Geográfico y Geografía Física, Facultad de Geografía e Historia
Universidad Complutense de Madrid*

*²Centro de Ecología Aplicada Prof. Baeta Neves, Instituto Superior de Agronomía
Universidade de Lisboa
anacatte@ucm.es*

Palabras clave: Incendios forestales, Monte, Dinámicas históricas, Sierra de Estrella, Sierra de Ayllón

Las formaciones forestales han desempeñado un papel esencial a lo largo de la historia. Aunque su función y características actuales sean muy distintas de las que presentaron en siglos pasados, su importancia se mantiene. Actualmente y en el ámbito mediterráneo, nos remite sobre todo a situaciones negativas de riesgo y amenaza de catástrofes, en estrecha relación con el fuego. Este es uno de los aspectos abordados la Universidad Complutense de Madrid, en el marco del proyecto I+D FIRESCAPE (Ref. CSO2013-44144-P)

El objetivo de esta contribución es analizar la relación histórica del fuego con el territorio en la Sierra de Estela y en la Sierra de Ayllón desde un enfoque comparado, para explicar y entender las dinámicas evolutivas en los dos extremos del Sistema Central y su relación con el problema actual. La metodología utilizada ha consistido en la consulta y análisis de diversas fuentes geohistóricas y geoespaciales, y la integración de datos ecológicos, estadísticos y socioeconómicos a través de Sistemas de Información Geográfica. Destaca entre los resultados obtenidos la elaboración de una base de datos histórica de incendios pre-estadísticos (anteriores a 1968 en España, y a 1975 en Portugal) para los dos casos de estudio.

Se comprueba el valor de la escala local para un correcto diagnóstico y comprensión del problema, ya que a esta escala fue posible identificar, en el estudio comparado, tanto cuestiones estructurales como aspectos de la dinámica de paisaje que han conducido al escenario actual. Se han identificado rasgos comunes en los dos casos de estudio, como la existencia de pirotransiciones relacionadas con el cambio del sistema de organización tradicional del medio rural, y rasgos diferenciales, como el sistema de propiedad y la dinámica de las especies forestales. Como conclusión, se demuestra que la problemática actual es producto de las dinámicas históricas y se subraya la importancia de su conocimiento para actuar en el presente.

CONTRIBUCIÓN DE TÉCNICAS ARQUEOBOTÁNICAS Y EDÁFICAS AL CONOCIMIENTO DE LA DINÁMICA FORESTAL HISTÓRICA. EL MONTE DEL AGUA (TENERIFE, ISLAS CANARIAS)

José Ángel Afonso Vargas¹, Jesús Santiago Notario del Pino², María Eugenia Arozena Concepción³ y Josep Maria Panareda Clopés⁴

¹*UDI de Geografía y Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología, Universidad de La Laguna*

²*Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología, Universidad de La Laguna*

³*Departamento de Geografía e Historia. UDI de Geografía, Universidad de La Laguna*

⁴*Institut d'Estudis Catalans*

josafonvar@gmail.com

Palabras clave: Microfósiles, Materia orgánica, Dinámica histórica, Laurisilva, Canarias.

El análisis fitogeográfico de diferentes espacios de la laurisilva canaria ha fundamentado la hipótesis de que la acción humana ha tenido una gran importancia en el paisaje forestal actual. El estudio de la documentación histórica ha confirmado esta idea. Durante siglos, el espacio forestal ha sido aprovechado de diferentes modos y, tras el abandono general de los usos, se ha ido estableciendo un sistema forestal aparentemente natural. Sin embargo, la relación entre un aprovechamiento determinado del bosque y los rasgos de la laurisilva de un lugar concreto ha requerido otros recursos técnicos, coordinados en una metodología interdisciplinar.

El objetivo de este trabajo es valorar la utilidad de los datos arqueobotánicos y edáficos para la interpretación de la historia reciente del espacio forestal. Las muestras estudiadas en bosques de laurisilva corresponden a horizontes genéticos A de suelo; es decir, donde comienzan los procesos de transformación e incorporación de materia orgánica al suelo y en los que se reflejan la historia y los eventos más recientes que han afectado a los ecosistemas de los que forman parte. En todos los casos se han tomado muestras a distintas profundidades intentando cubrir el espesor de todo el horizonte, con el fin de averiguar los cambios que afectan a las propiedades estudiadas a cortas distancias. El análisis microarqueológico ha consistido en la definición de las tipologías de fitolitos que se han revelado como "bioindicadores". El estudio edáfico se ha centrado en la materia orgánica (determinación de C oxidable y determinación de C, N y H por análisis elemental); para poder correlacionar los resultados, se han analizado las mismas muestras desde los dos puntos de vista.

La aplicación de estas técnicas en el Barranco de Los Cochinos (Monte del Agua) permite afianzar la interpretación del aprovechamiento agrícola histórico. La diferencia de C oxidable y C total y las variaciones de N total con la profundidad podrían indicar desplazamientos y/o importantes diferencias composicionales en la materia orgánica en el seno del horizonte. Por otro lado, hay un predominio de microcarbones en toda la secuencia analizada y cantidades relativas más altas de *Pteridium aquilinum* que de otros fitolitos; a ello hay que añadir los del grupo Triticeae -al que pertenecen el trigo y la cebada- y no se pueden descartar los de maíz. La presencia de restos de Ocotea-Lauraceae parece indicar una explotación agrícola sin desmantelamiento completo de la cubierta forestal.

FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD DE BOSQUES ISLA DE QUERCÍNEAS EN AMBIENTES MEDITERRÁNEOS AGRARIOS: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA VEGA DEL GUADALQUIVIR (ESPAÑA) Y LA REGIÓN DE LA APULIA (ITALIA)

Helena Hernández Cerpa¹, Antonio Sánchez Almendro¹, Federico Vessella³, Javier López Tirado¹, Rafael Porras Alonso² y Pablo J. Hidalgo Fernández¹

¹*Departamento de Ciencias Integradas. Universidad de Huelva*

²*Biogeos, Estudios Ambientales, S.L*

³*Dipartimento Ambiente, Foreste, Natura ed Energia. Università degli Studi della Toscana (Viterbo, Italy)*

helena.h.c@hotmail.com

Palabras clave: Quercíneas, Vega del Guadalquivir, Apulia, Bosques isla, Fragmentación y Conectividad.

La fragmentación y pérdida de hábitat son consideradas las principales causas de pérdida de diversidad biológica en la actualidad. Los bosques originales europeos han sufrido una acentuada fragmentación y homogenización agrícola quedando relegados a parches o bosques isla (BI) encerrados en una matriz hostil. Estas pérdidas de cobertura forestal son más comunes en las vegas, por tratarse de zonas con mayor productividad y accesibilidad. Los BI son claves para la caracterización de la vegetación potencial en territorios muy alterados, suponen importantes núcleos para la recuperación de algunas zonas de cultivo abandonado y/o creación de corredores ecológicos, así como la de enriquecer la heterogeneidad paisajística.

En este estudio se plantea un análisis comparativo de fragmentación y conectividad de los BI existente en dos zonas de carácter típicamente mediterráneo y de uso predominantemente agrícola, con características y manejo similares. La primera está situada en el sur de España, correspondiente a la Vega del Guadalquivir, y la segunda en el sur de Italia, en la región de la Apulia. Ambas mantienen zonas de explotaciones agrícolas y restos del bosque original en forma de pequeñas dehesas, setos, linderos y zonas pedregosas o con relieve más acusado.

El objetivo principal de este trabajo es una comparación del grado de fragmentación y conectividad de los BI de quercíneas en ambos territorios. El objetivo final sería sentar las bases que permitan establecer medidas para la recuperación de las zonas del ámbito de estudio y el establecimiento de setos y linderos en las zonas más críticas que actúen a modo de corredor.

La metodología empleada se basa en los mapas digitales de usos y coberturas vegetales de los ámbitos de estudio y el software de análisis de conectividad Conefor 2.6. De esta forma, se caracteriza el papel que ejerce cada uno de los polígonos de BI en la conectividad total del paisaje. La identificación de aquellos polígonos más cruciales para la conectividad serían los prioritarios a la hora de aplicar políticas de conservación. Aquellos polígonos identificados como aislados o poco conectados precisarían de una gestión adecuada del territorio que permita el acceso de especies silvestres a través del paisaje.

BARRERAS GEOGRÁFICAS COMO FACTORES EXPLICATIVOS EN LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN. EL CASO DE LOS PRIMATES EN LA CUENCA DEL CONGO (ÁFRICA CENTRAL) Y EN LA REGIÓN SAN MARTÍN (PERÚ)

Alisa Aliaga-Samanez, Jesús Olivero & Raimundo Real

Grupo de Biogeografía, Diversidad y Conservación, Departamento de Biología Animal, Universidad de Málaga

alisa.aliaga@gmail.com

Palabras claves: Barrera geográfica, *P. oenanthe*, *P. discolor*, *P. troglodytes*, *P. paniscus*

En Biogeografía, las barreras geográficas conforman, con frecuencia, límites naturales para la distribución de las especies. En África Central, el río Congo pone límite a primates, como el chimpancé (*Pan troglodytes*) y el bonobo (*Pan paniscus*); y en Perú, el río Huallaga también representaría una barrera geográfica para la distribución de algunas especies de mono tocón (*Plecturocebus oenanthe* y *Plecturocebus discolor*).

La modelación de la distribución de especies es una herramienta importante porque nos aproxima a entender las relaciones entre las especies y su entorno, pero hasta ahora los modelos no incluyen la presencia de barreras geográficas como un factor explicativo a considerar. El objetivo de este trabajo ha sido comparar diferentes métodos para tener en cuenta las barreras.

Se han puesto a prueba variables que describen la estructura espacial de las distribuciones para considerar posibles causas históricas (“trend surface” análisis, basado en la latitud y la longitud), y variables específicamente diseñadas para incluir en los modelos el efecto de las barreras geográficas. Estas variables específicas pueden describir la barrera como límite físico (por ejemplo, un río o una cordillera difícil de atravesar) o bien como límite ecológico (por ejemplo, a través de la competencia con otras especies).

El análisis de la estructura espacial ha sido capaz de reflejar en los mapas resultantes la presencia de una barrera geográfica. En todos los casos de estudio ha sido positivo incluir también el efecto de una barrera geográfica a través de una variable diseñada para su descripción. En estos casos, el modelo mejor valorado fue el que describió la barrera como un límite físico para la distribución. En Perú, si bien podría existir competencia entre especies, el río tiene un papel importante como barrera física porque estaría amortiguando la dispersión, y por tanto dificultando el contacto entre especies potencialmente competidoras. Este estudio brinda un enfoque en el cual la función de favorabilidad permite integrar variables para poder describir y entender el papel de las barreras geográficas.

MAPAS INTERACTIVOS EN SOFTWARE LIBRE COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN Y DIVULGACIÓN EN BIOGEOGRAFÍA

A. Márcia Barbosa¹, Joana Bencatel¹, João Matos², Luís G. Sousa³ y Francisco Álvares⁴

¹ *BioChange – Grupo de Biodiversidade e Alterações Climáticas, Universidade de Évora, Portugal*

² *ICT – Instituto de Ciências da Terra, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Portugal*

³ *ICAAM – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Universidade de Évora, Portugal*

⁴ *CIBIO – Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos, Universidade do Porto, Portugal*
barbosa@uevora.pt

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica (SIG), cartografía digital, exploración de datos, hábitats, mapas de distribución de especies

En el pasado, componer mapas digitales con información diversa era una tarea reservada a expertos en sistemas de información geográfica (SIG). Recientemente, diversas organizaciones empezaron a proporcionar mapas interactivos, como Google Earth, Google Maps, Bing y OpenStreetMap, entre otras. Estas aplicaciones informáticas permiten al usuario consultar y componer mapas con los elementos, el ámbito geográfico y el nivel de zoom que más les convengan, y son muy útiles también en Biogeografía – por ejemplo, para localizar zonas con especies o hábitats específicos, como plantas conspicuas, escarpas o charcas temporales. Los mapas interactivos tienen diversas ventajas sobre los mapas estáticos tradicionales. En particular, dan acceso a información más actualizada y contienen herramientas que permiten consultar y combinar información diversa sin tener formación en SIG.

Más recientemente, han surgido aplicaciones informáticas que permiten al usuario hacer mapas interactivos con sus propios datos, y luego compartirlos con personas específicas o incluso con el público. Varios de estos programas están disponibles como software libre y de código abierto – es decir, se pueden utilizar, modificar y redistribuir libremente, y evolucionan con las aportaciones de los usuarios. Es el caso de Leaflet, una librería de funciones de JavaScript, a la que se puede acceder también desde otros programas libres de SIG o de análisis de datos, como QGIS o R y sus extensiones.

Los mapas interactivos no son difíciles de construir, son muy fáciles de utilizar, y tienen un enorme potencial, sea para explorar a fondo nuestros (u otros) datos y resultados de una forma práctica y flexible, sea para divulgarlos de una forma clara y atractiva. Los mapas interactivos se utilizan cada vez más en investigación, educación y divulgación en multitud de disciplinas, incluyendo la Biogeografía.

Aquí se presentan tres ejemplos prácticos actualmente en curso: un proyecto sobre los recursos geológicos del sureste ibérico; otro sobre la localización e identificación de charcas temporales; y el atlas de distribución de los mamíferos de Portugal (Figura 1), cuyos mapas se hacen disponibles de una forma en la que cualquier usuario puede explorar a fondo toda la información contenida, haciendo consultas relativamente complejas de una forma intuitiva, sin cualquier conocimiento previo de SIG o de manejo de datos. Se muestra también como cualquier persona con conocimientos básicos del lenguaje de programación R puede construir sus propios mapas interactivos para explorar datos geográficos que estén disponibles de forma estática como, por ejemplo, el Inventario Español de Especies Terrestres.

Figura 1. Mapa interactivo del lobo ibérico contenido en el atlas de distribución de los mamíferos de Portugal.

