

Los mantos eólicos del sector sudoccidental de la provincia de Valladolid. Una investigación geomorfológica y edafológica

N. La Roca¹, P.J. Lozano², J.A. Cadiñanos², I. Latasa², L.A. Longares³, G. Meaza²

¹ Departamento de Geografía, Universitat de València. Avda. Blasco Ibañez, 28, 46010 Valencia.

² Departamento de Geografía y Prehistoria, Universidad del País Vasco. C/Tomás y Valiente S/N, 01006 Vitoria-Gasteiz.

³ Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. . C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza (Zaragoza).

rocal@uv.es, Pedrojose.lozano@ehu.es, joseantonio.cadinanos@ehu.es, lalongar@unizar.es, itxaro.latasa@ehu.es, guillermo.meatza@gmail.com

RESUMEN: En la Península Ibérica existen evidencias perfectamente contrastadas de la existencia de morfologías eólicas. Al sudoeste de la provincia de Valladolid, en una serie de paisajes definidos como de “campiña”, se observan ciertas acumulaciones arenosas que han sido consideradas de origen eólico. El presente trabajo recoge las etapas iniciales de una investigación paisajística que busca interpretar las condiciones mesológicas de este sector. En esta primera aproximación se pretende discriminar a partir del trabajo de campo, toma de muestras y análisis clásico en el laboratorio de Geomorfología (granulometría, contenido en materia orgánica, en carbonatos, color, observación de los granos a la lupa binocular, etc.) entre las acumulaciones arenosas eólicas puras y las que responden a otras condiciones (hídricas, meteorización in situ del sustrato, edáficas...). De los tres sectores analizados, todo indica que el de Finca Cubillas es un verdadero manto eólico, mientras que el situado al sur de Medina del Campo, en el sector de las salinas, se corresponde principalmente a la meteorización in situ y edafización de arcosas; por último, al sur de Alaejos el arenal, mucho más reducido en extensión, tiene un origen heredado de los depósitos de terraza subyacentes y eólico.

Palabras-clave: manto eólico, Valladolid, Pleistoceno superior-Holoceno, carrascales adhesionados.

1. OBJETIVOS Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

El primer autor en señalar la presencia de arenas eólicas en el interior de la Depresión del Duero fue Hernández Pacheco (1923). Desde entonces varios son los expertos que han añadido nuevas citas de formaciones eólicas cuaternarias en la región o que han abordado su estudio. Jiménez Fuentes y García Marcos (1980, p.21-22; 1981) señalan la presencia de acumulaciones eólicas en la provincia de Valladolid y en la cumbre del Cerro de Cubillas (Gurugú). En la Geomorfología de España editada por Gutiérrez Elorza (1994), Pérez González et al. (1994) citan formas de origen eólico en la margen izquierda del Duero, en el sector SW entre los Ríos Tormes y Voltoya (p.366) y en las Tierras de Medina (p. 374). En el primer caso destacan la variedad de formas erosivas y de acumulación entre las que añaden en Tierras de Medina los pavimentos de cantos y los ventifactos. Pineda Velasco (2007) describe las arenas eólicas y las formas eólicas entre Medina del Campo y Rubí de Bracamonte e indica que estos depósitos rara vez superan el 0,5-1 m de espesor. Deduce la edad de su posición en el paisaje, del Tardiglacial – Holoceno. Gutiérrez Elorza et al. (2005) profundizan en las formas y procesos eólicos de Tierra de Pinares, especialmente en las formas de deflación y concluyen el mecanismo de formación, que exige un ambiente seco, con cobertura vegetal menor a la actual y nivel freático más profundo. Bateman y Díez Herrero (1999) aplicaron métodos de datación por termoluminiscencia en cortes estratigráficos de origen eólico y fluvial en Tierra de Pinares y establecieron dos fases de sedimentación separadas por una fase de erosión: la más reciente de ~7 ka BP (periodo atlántico cálido y árido); la más antigua, 12.5-11 ka BP, del Dryas superior (frío-árido), siendo esta más antigua la fase dominante. Asimismo dedujeron que los vientos originarios de estas acumulaciones, procedentes del NW en congruencia con las estructuras sedimentarias, no coincidían con los vientos dominantes actuales. Finalmente, Bernat Rebollal y Pérez González (2008), en una excelente síntesis de formas y procesos eólicos de ambas submesetas, aportan una buena cartografía y cronología de las dunas al E de la cuenca del Duero.

Las dataciones OSL arrojan unas fechas de 13.5 a 7 ka BP (Dryas superior e inicios de Holoceno) para el principal periodo de formación, bajo clima frío y árido. Además, indican la reactivación de los depósitos arenosos en el Holoceno reciente, con actividad máxima en 5-2 ka BP y 0.5 a 0.2 ka BP.

El presente trabajo recoge las etapas iniciales de una investigación paisajística que busca interpretar las condiciones mesolíticas de las inmediaciones del Duero al SW de la provincia de Valladolid. En esta primera aproximación se pretende discriminar las acumulaciones arenosas eólicas de las que responden a otras condiciones (hídricas, meteorización in situ del sustrato, edáficas...) y añadir una nueva localidad a estos estudios en la margen derecha del Duero: la Dehesa de Cubillas.

2. INTRODUCCIÓN A LA ZONA

Al sudoeste de la provincia de Valladolid y en contacto con las provincias de Zamora y Salamanca, en las inmediaciones del río Duero, se extienden una serie de paisajes culturales, catalogados como de “campiña”, que combinan importantes extensiones de tierras de cultivo con pinares, dehesas de carrascas y bosques de ribera.

La comarca pertenece a la denominada “Tierra de Medina”, en referencia al núcleo de mayor entidad: Medina del Campo. Las coordenadas que la delimitan son: 41° 29' 04" N - 5° 20' 20" W / 41° 10' 04" N - 4° 51' 10" W. En este rectángulo existen tres conjuntos de mantos eólicos IGME (1980, 1981, 2007) (Fig.1). El primero se encuentra al noroeste del sector, dentro de la Finca Cubillas a caballo entre Castronuño y San Román de la Hornija. El segundo lo hace al sureste, en el interior de los términos municipales de Medina del Campo y Rubí de Bracamonte; por último, el núcleo más modesto se halla en el término municipal de Alaejos, en el sector central del rectángulo (Jiménez Fuentes et al., 1980, 1981; Pineda Velasco, 2007).

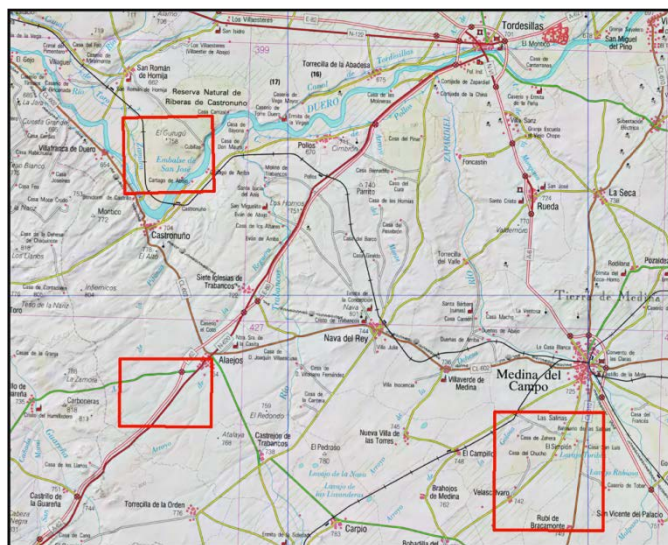


Figura 1. Localización de los sectores estudiados.

Esta comarca se caracteriza por un relieve suave y horizontal modelado sobre materiales miocénicos detríticos (facies roja de Toro, facies de Villalba de Adaja y similares). Se trata del sector central de la Depresión del Duero donde dominan los materiales terrígenos, postorogénicos y poco diagenizados, con lo que siempre dan lugar a relieves estructurales. El proceso geomorfológico dominante ha sido la acción fluvial. Entre los tributarios del Duero por su izquierda (Zapardiel, Trabancos y Guareña) se disponen una serie de superficies de glaciplanación y terrazas que, a lo largo de sucesivos periodos de sedimentación y encajamiento, han formado una serie escalonada de plataformas en resalte entre 50 y 150 m por encima del talweg actual (Fig.2).

Destaca la gran profusión y extensión de terrazas del Duero y sus tributarios. En las del primero se han llegado a describir hasta 14 niveles, estando la más antigua a 141-144 metros sobre el cauce actual (Pérez, 1982). Su disposición también es característica, puesto que el Duero ha sufrido una migración de sur a norte estimada en unos 20 kilómetros, que sitúa las más antiguas relativamente lejos del cauce actual y el resto desplegándose en cascada hacia el norte.

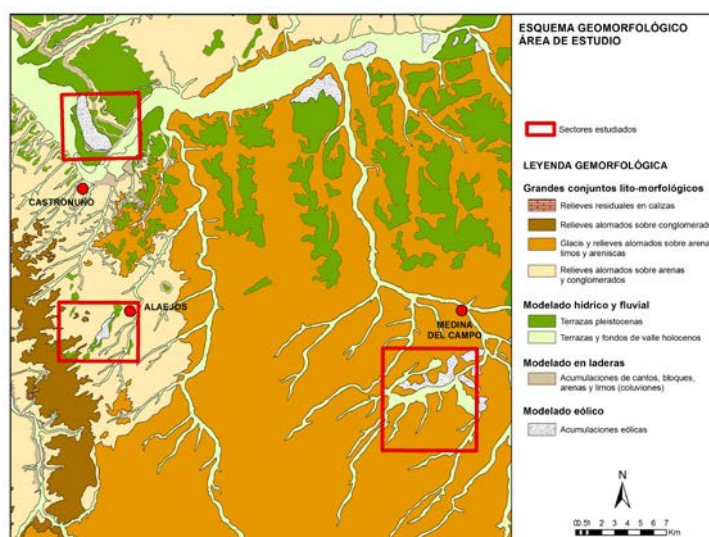


Figura 2. Esquema geomorfológico. Base cartográfica IGME MAGNA50.

Sobre estos relieves suaves ha sido notable la acción eólica, al menos desde el Pleistoceno. De hecho, este proceso continúa activo, a menor intensidad, siendo un importante agente modelador y ha originado tanto cubetas de deflación, como mantos y dunas de acumulación. Estas últimas responden groseramente a una dirección suroeste-noreste, de manera que traducen fielmente los flujos dominantes, de dirección SW-NE o W-E. Aparte de este rasgo mantenido a lo largo del cuaternario (IGME, 1980, 1981, 2007), las características climáticas del área también son peculiares en varios aspectos. La relativa altitud media (650-800 metros) y la continentalidad de la zona, da lugar a unos inviernos rigurosos, de temperaturas frías y unos veranos calurosos aunque con noches frescas y, por tanto, unos registros moderados (García, 1986). La temperatura media de este sector se acerca a los 12-13°, con valores invernales en torno a 3,5-4° y máximos en verano entre 21-23°. Otro rasgo climático esencial es la baja precipitación. En estaciones pluviométricas cercanas, como la de Morales de Toro, se registran 379,5 mm de media anual, no siendo infrecuentes los años que precipita por debajo de los 320 mm. En invierno y comienzo de la primavera, debido a las bajas temperaturas y a las precipitaciones máximas, no aparece déficit de agua; sin embargo, entre la primavera y el comienzo del otoño se da una aridez clara, que oscila entre los 4 y 5 meses.

Todas estas características determinan una vegetación potencial dominada por el carrascal de *Quercus rotundifolia*, que ha sido profundamente transformada por la acción antrópica. Se trata de paisajes seculares de campiña, que acogen extensos campos de cultivo donde se imponen el cereal, leguminosas, girasol y barbechos, para el secano, mientras que el regadío se centra en la remolacha, patata, maíz y colza. Precisamente los sectores más improductivos por acumulación de los reseñados mantos eólicos se han destinado, tradicionalmente, a plantaciones de pino piñonero (*Pinus pinea*) y resinero (*Pinus pinaster*). Tanto el manto de Medina como el de Alaejos responden fielmente a esta cobertura, mientras que el de Cubillas sustenta una facies aclarada de encinar, gestionado como dehesa desde hace siglos.

Para terminar, los bosques de ribera orlan el cauce del Duero, habiendo desaparecido de sus tributarios al existir una sobreexplotación del acuífero, lo que ha hecho que los cauces del Trabancos y el Zapardiel se hayan secado permanentemente, mientras el Guareña lleva un pequeño curso de agua. Las ripisilvas del Duero se pueblan de especies como el chopo (*Populus nigra*), álamo (*Populus alba*), olmo (*Ulmus minor*), sauce (*Salix spp.*) y ejemplares aislados de aliso (*Alnus glutinosa*).

3. METODOLOGÍA

El primer paso metodológico consistió en la selección de tres ambientes sedimentarios, todos ellos reseñados en los correspondientes mapas geológicos como arenas eólicas (Jiménez Fuentes y García Marcos, 1981) o arenas bien clasificadas, manto eólico y dunas (Pineda Velasco, 2007) del Pleistoceno superior-Holoceno, pero no estudiados desde el punto de vista geomorfológico, edafológico y paisajístico.

En segundo lugar se procedió a la apertura de catas en diferentes posiciones morfológicas (depresiones, umbrales, zonas intermedias) con diferente grado y tipo de cobertura vegetal, y toma de muestras teniendo en cuenta los rasgos edáficos.

En tercer lugar se acometió al análisis en el laboratorio de Geomorfología¹ siguiendo el método tradicional de determinación granulométrica de las arenas por tamizado y de limo-arcillas por pipeteo (Palmer y Troeh, 1980; Thompson y Troeh, 1980; Porta, 1986; Schlichting *et al.*, 1995; Scheffer y Schachtschabel, 1984; Chorley *et al.*, 1984) en el caso de que esta fracción supere el 10% del sedimento; observación del sedimento a la lupa binocular (*Nikon SMZ-U* con oculares *UW 10x24* y rango de zoom de 0.75 a 7.5x) (Schlichting *et al.*, 1995); determinación del color en húmedo y en seco (Munsell, 1954) y contenido en materia orgánica por el método colorimétrico y en carbonato cálcico atacando con clorhídrico y por diferencia de peso (Chapman & Pratt, 1973; Jackson, 1964; Primo Yúfera & Carrasco Donier, 1973; Schlichting *et al.*, 1995).

Paralelamente, se procedió al análisis cartográfico del relieve a partir de mapas elaborados en la UNIZAR. Por último, se estudió del viento a partir de datos libres de la AEMET para las estaciones Valladolid, Valladolid aeropuerto y Zamora, y a partir de la bibliografía. Las series de AEMET son de 30 años (1981-2010) y, si bien son muy incompletas, permiten hacerse una idea de la dirección y magnitud de los vientos.

4. RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos para los tres ambientes sedimentarios estudiados: Dehesa de Cubillas (Fig. 4), Pinar de Villafuente (Fig.4) y pinares al SW de Alaejos; y del análisis de los vientos (Fig. 3).

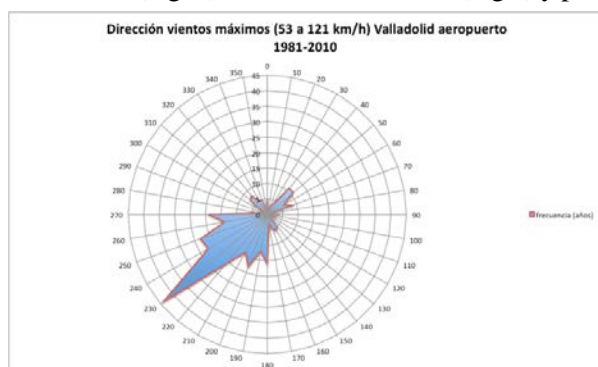


Figura 3. Frecuencia y dirección vientos máximos (53 a 121 km/h). Valladolid aeropuerto 1981-2010.
Fuente datos: AEMET. Elaboración propia.

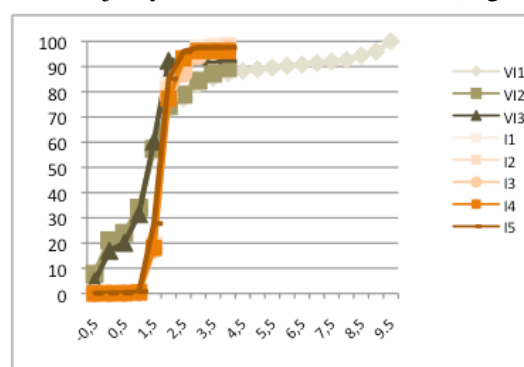


Figura 4. Curvas granulométricas de los sedimentos de los Hoyos I (eólico) y VI. Unidades abscisas ϕ .
Fuente: Elaboración propia.

4.1. Dehesa de Cubillas

Ubicada en la parte convexa del gran meandro de Castronuño, abarca una serie de terrazas que salvan un desnivel de 100 m entre el Duero (655 m snm) y el Alto del Gurugú (758 m snm), cuyos escarpes han sido parcialmente matizados por acumulaciones de arenas eólicas procedentes del SW. El espacio está cubierto por un encinar adeshado incluido desde febrero de 2000 en la “Reserva Natural Riberas de Castronuño–Vega del Duero” de los municipios de Castronuño, Pollos y Torrecilla de la Abadesa y Tordesillas, y cuyo aprovechamiento principal es la ganadería ovina y caprina intensiva. La vegetación y las formas del terreno revelan la funcionalidad actual de los procesos eólicos: encinas semienterradas frente a otras descalzadas, blowouts dunes y dunas parabólicas de perfil transversal en U y en V, que emergen aquí y allá, en el manto eólico. Estos arenales han sido analizados en tres catas u hoyos, las dos primeras (Catas I y II) abiertas en depósitos eólicos activos y la tercera (Cata III) en la terraza pleistocena + 20 m (Jiménez Fuentes *et al.*, 1981).

4.1.1. Cata I

Se encuentra localizada en la parte alta de la dehesa, al E del Gurugú, a 715 m snm, en una vaguada del escarpe del nivel más alto, abierta a los vientos del SW. Localmente se corresponde con la parte alta de una blowout dune. El depósito de arenas eólicas pleistoceno-holocenas (Jiménez Fuentes *et al.*, 1981) descansa sobre un sustrato de conglomerados y areniscas de matriz gredosa roja (Facies Roja de Toro) del Mioceno inferior, en contacto, al N, con la terraza 6 pleistocena, de conglomerados de matriz rojiza ocasionalmente cementada por carbonatos (Jiménez Fuentes *et al.*, 1981). En esta cata I de 120 cm de

¹ Laboratorio de Geomorfología de la Facultad de Geografía e Historia de la Universitat de València Estudi General.

profundidad se distinguen 5 niveles, con un criterio combinado de color y compacidad, todos de textura arena, con un porcentaje de arenas de entre 96 y 98 % (Tabla 1). Sendas curvas granulométricas indican un ambiente sedimentario eólico, altamente selectivo (Fig. 4), con pico en la arena media (1,5 a 2 phi o 250-350 µm) (Chorley et al., 1984). En el tamaño phi 1,5-2 se concentra entre el 76 y el 84% del sedimento fino en todas las capas. A la lupa, estos granos son en su mayoría de cuarzo, redondeados, con alto grado de esfericidad, mates y picados. La presencia de materia orgánica a lo largo del perfil es testimonial, con valores ligeramente mayores en los tres niveles superiores (I5 a I3). En esos tres niveles también se aprecia una presencia testimonial de fracción grava y sólo en I2 rastros de carbonato cálcico.

Tabla 1. Resultados del análisis Cata I.

CATA I- 120cm		% del total		% finos	Munsell		% peso	%peso	
cm	Nr	gravas	textura	(l-a)	Color seco	Color húmedo	M.O.	CaCO ₃	pH
0-14	I5	0,05	arena	2,42	10YR 6/3 pale brown	10YR 5/4 yellowish brown	0,2	-	4,9
14-26	I4	0,05	arena	3,79	10YR 6/4 light yellowish	10YR 4/4 dark yellowish	0,29	-	5,9
26-44	I3	0,22	arena	3,16	10YR 5/3 brown	10YR 4/3 brown	0,2	-	6,2
44-70	I2	0	arena	2,19	10YR 6/3 pale brown	10YR 5/4 yellowish brown	0,06	0,3	
70-120	I1	0	arena	1,36	10YR 7/4 very pale brown	10YR 6/6 brownish yellow	0,03	0	6,4

Interpretación: Depósito eólico activo de arena media fina. El nivel I3 marca una interrupción en la secuencia sedimentaria a -26 m. Los colores indican un buen drenaje a lo largo de todo el perfil. Suelo ácido.

4.1.2. Cata II

Localizada también en la parte alta de las terrazas, pero al W del Gurugú, a 675 m snm, sobre arenas eólicas que ascienden por el escarpe de acceso al nivel de conglomerados y areniscas del Mioceno inferior (Facies Roja de Toro) de la parte alta. Es la mayor acumulación de arenas prospectada en este trabajo y está dispuesta a barlovento de los vientos del SW. El topónimo Barco Hondo expresa bien la morfología local en torno al hoyo abierto en el fondo de una depresión interpretada como cubeta de deflación. En esta cata de 123 cm de profundidad se distinguen 6 niveles de textura arena, todos ellos con 96 a 98,29 % de arenas (Tabla 2) en la fracción fina y curva granulométrica indicativa de un ambiente eólico altamente selectivo (Fig. 4) con pico en la arena media (1,5-2 phi). A la lupa, esas arenas son redondeadas, altamente esféricas, mates y picadas. De nuevo el color es el criterio utilizado para la individualización de niveles. El contenido en materia orgánica, mucho más abundante que en la Cata I, va disminuyendo con la profundidad, pero encontramos trazas en forma de manchas que tiznan los granos, hasta el nivel más profundo. Hay señales de CaCO₃ en el nivel superior.

Tabla 2. Resultados del análisis de la Cata II.

CATA II -123 cm		%peso total	% peso finos	%peso finos	Munsell		%peso finos	%peso finos
Prof. cm	Nr	gravas	textura	(l-ac)	Color seco	Color húmedo	M.O.	CaCO ₃
0-17	I6	0	93,85	6,15	10YR 5/2 grayish brown	2,5Y 4/3 olive brown	1,69	0,6
17-35	I5	0,02	arena	3,17	10YR 4/3 brown	10YR 3/2 very dark grayish	0,54	0
35-59	I4	0,15	arena	2,75	10YR 6/4 light yellowish	10YR 5/4 yellowish brown	0,14	0,1
59-84	I3	0	arena	1,71	10YR 7/4 very pale brown	10YR 6/4 light yellowish brown	0,14	¿?
84-104	I2	0,03	arena	2,58	10YR 7/4 very pale brown	10YR 6/4 light yellowish brown	0,11	¿?
104-123	I1	0	arena	3,89	10YR 7/4 very pale brown	10YR 6/6 brownish yellow	0,2	¿?

Interpretación: Depósito eólico de arenas medias-finas acumulado en varias fases, con probable interrupción más larga a -35 cm de la superficie actual a juzgar por la presencia de un canto y algunas gravas pulidas por abrasión eólica. Las arenas superiores han desarrollado un horizonte húmico y la actividad biótica faunística llega hasta los -35 cm. También observamos una migración de la materia orgánica hacia el interior del perfil. El moteado de los dos niveles inferiores es indicativo de la oscilación del manto freático al menos entre -123 y -84 cm.

4.1.3. Cata III

Situada en un ambiente sedimentario completamente distinto, al S del Gurugú, a 675 m snm, sobre uno de los niveles de terraza pleistocena (+20m) constituida por conglomerados de matriz gredosa roja (Jiménez Fuentes y García Marcos, 1980). En esta cata de 20 cm de profundidad se distinguen dos niveles, de los que se muestrea sólo el superior, que descansa sobre un depósito de cantos centimétricos ventifactados. Los finos son más heterométricos y mineralógicamente más variados que los anteriores, en parte mates en la fracción media y gruesa, con manchas de óxidos rojizos. Los cantos ϕ 3-4 cm incluidos en III1 (Tabla 3), en su mayoría de cuarcita, están ventifactados y picados.

Tabla 3. Resultados del análisis de la Cata III.

HOYO III	-20 cm	% total	% total	% finos	Munsell		% peso	% peso
Prof.	Nr	cantos	gravas	textura	Color seco	Color húmedo	M.O.	CaCO ₃
0-5	-	-	-	-	-	-	-	-
5-20	III1	24,7	6,3	franco arenosa	7,5YR 5/3	5YR 4/2 dark reddish	1,38	1,3

Interpretación: Depósito de terraza con indudable huella de acción eólica reflejada en los ventifactos y en el enriquecimiento de la clase de arena media. Desarrollo de un horizonte Ah.

4.2. Pinar de Villafuerte al Sur de Medina del Campo

Al Sur de Medina del Campo, cambia el panorama geológico de la cuenca del Duero y los depósitos de manto eólico y dunas holoceno-pleistocenos (Pineda Velasco, 2007) escogidos descansan sobre un sustrato de arcosas y fangos arcósicos del Mioceno inferior de diferentes tonalidades. Los arenales se distinguen en la llanura suavemente ondulada en forma de umbrales alargados en dirección SW-NE, colonizados por pinares, separados entre sí por depresiones endorreicas. En esta topografía se realizaron tres catas a modo de transecto NW-SE a través del Pinar de Villafuerte: la cata IV en la depresión del Balneario de Salinas al N del umbral-pinar de Villafuerte; la cata VI en la cima del umbral y la cata V en el suave descenso del pinar hacia la siguiente depresión al Sur, la de El Chucho. La cata IV se sitúa sobre lo que Pineda Velasco (2007) determinó como “depósitos endorreicos de arenas y limos del Pleistoceno medio al Holoceno”; mientras que las catas VI y V coinciden con el afloramiento señalado por Pineda Velasco (2007) como manto eólico y dunas del Pleistoceno superior al Holoceno. Las altitudes oscilan entre 739 y 725 m. Todas las muestras contienen un elevado porcentaje de arenas, pero muy inferior al de los dos primeros hoyos de Cubillas. Veamos la cata IV de 44 cm de profundidad (Tabla 4).

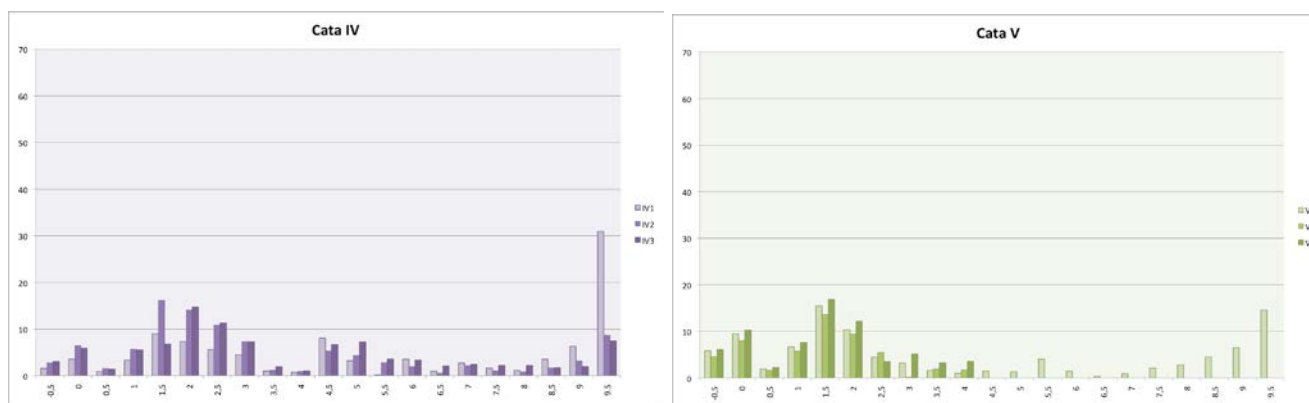


Figura 5. Distribución del tamaño de granos de las muestras obtenidas en las catas IV y V.

4.2.1. Cata IV

Interpretación: sedimento arenoso aluvial de fondo de lavajo (cuenca endorreica que alberga una charca efímera) con influencias eólicas y con procesos de eluviación-iluviación de carbonato cálcico, arcilla y, probablemente, materia orgánica a lo largo del perfil. Los colores a lo largo del perfil revelan encharcamiento ocasional y mal drenaje.

Tabla 4. Resultados del análisis en la Cata IV.

CATA IV	-44 cm	%total		Munsell			
Prof.	Nr	gravas	textura	Color seco	Color húmedo	M.O.	CaCO ₃
0-5	IV3	1,57	Franco arenosa 58,94/29,86/11,2	2,5Y 6/2 light yellowish gray	10YR 5/2 grayish brown	2,78	1
5-18	IV2	2,54	Franco arenosa 67,26/19,1/13,63	2,5Y 8/1 white	10YR 5/2 grayish brown	0,51	2,1
18-44	IV1	0,6	Arcillosa 37,6/21,5/40,8	2,5Y 5/2 grayish brown 5Y 8/1 white	10YR 3/4 dark brown 10YR 7/3 very pale brown	0,37	8,6

4.2.2. Cata V

De 60 cm de profundidad, en el que se distinguen tres niveles. Mineralógicamente más ricos que en Cubillas y con presencia abundante de feldespatos, cemento de arcosa y aglomerados de color rojizo, y manchas de óxido rojizo amarillento. Los dos niveles inferiores son ricos en limoarcillas y en feldespatos. Poca presencia de granos mate. A techo, restos de vegetación y algunos granos mates.

Tabla 5. Resultados del análisis en la Cata V.

CATA V	-60 cm	%total	textura	Munsell			
Prof.	Nr	gravas	arenas (limo-ac)	Color seco	Color húmedo	M.O.	CaCO ₃
0-19	V3	3,87	70,68/29,68	10YR 5/3 brown	7,5YR 4/2 brown	1,68	3,5
19-25	V2	5,23	54,45/45,55	10YR 5/6 yellowish brown	7,5YR 4/4 brown	0,78	5,7
60-40	V1	7,19	Franco arcillo arenosa 60,06/18,9/21,04	10YR 6/4 light yellowish brown	10YR 4/6 dark reddish brown	0,29	4,7

4.2.3. Cata VI

De 90 cm de profundidad, a 733 m snm, en el que se aprecian tres niveles de textura arena y arenosa franca. En la fracción gravas a lo largo del corte se conserva cemento o fragmentos de aglomerado de la arcosa subyacente; la composición mineralógica es más rica que en Cubillas y la cantidad de feldespatos es considerable. Contiene algunos granos mates.

Tabla 6. Resultados del análisis en la Cata VI.

CATA VI	-90 cm		textura	Pinar 733m			
Prof.	Nr	gravas	arenas (limo-ac)	Color seco	Color húmedo	M.O.	CaCO ₃
0-20	VB	7,05	arena 95,11	10YR 7/2 light gray	10YR 5/3 brown	0,7	0,6
20-68	VI2	4,54	89,39/10,6	2,5Y 6/4 light yellowish brown	10YR 5/4 yellowish brown	0,43	0,3
68-90	VII	4,66	arenosa franca 87,24/5,3/7,46	10YR 5/4 yellowish brown	10YR 5/4 yellowish brown	0,32	0,8

Interpretación: en superficie, antigua acumulación eólica fijada por la vegetación y enriquecimiento en finos en las capas inferiores a partir de -20 cm por herencia del sustrato miocénico de arcosas y fangos arcósicos de diferentes tonalidades.

4.3. Pinares al SW de Alaejos

Dentro del último núcleo, el más pequeño y sito en Alaejos, prospectamos un depósito de arenas eólicas holoceno-pleistocenas, esta vez situado sobre un depósito aluvial terciario de llanura de inundación marcada por canales efímeros de baja sinuosidad, anterior a las arcosas de Medina (Jiménez Fuentes y García Marcos, 1980). Consiste en areniscas, conglomerados y limos bien estratificados en bancos potentes sedimentados bajo un clima estacional. Se sitúa topográficamente en un suave umbral de dirección SSW-NNE, que actúa de divisoria entre los arroyos de Corremolinos y el de Tobar, confluentes aguas abajo en el Arroyo de la Reguera. Se abren dos hoyos: catas VII y VIII. La cata VII se encuentra en el inicio de una vaguada afluente al arroyo de Corremolinos, en un pinar de *Pinus pinea* a 760 m snm.

4.3.1. Cata VII

De 63 cm de profundidad, en la que distinguimos dos niveles.

Tabla 7. Resultados del análisis en la Cata VII.

HOYO VII	63 cm Alaejos Suroccidental	Sobre total	Sobre finos				
Prof.	Muestra	gravas	textura	Color seco	Color húmedo	M.O.	CaCO ₃
0-48	VII2	0,8	Arena (limo-ac) 94,87/5,13	10YR 7/3 very pale brown	10YR 5/4 yellowish brown	0,45	0,2
48-63	VIII1	0,67	Franco arenosa 77,57/8,06/14,37	10YR 6/4 light yellowish brown	10YR 5/6 yellowish brown	0,37	2,4

Interpretación: sedimento eólico estabilizado por pinos, con inicio de enriquecimiento húmico en superficie y de migración del escaso carbonato cálcico hacia el interior del perfil. Claro predominio en el medio metro superior de las arenas de tamaño medio (1-2 phi – 60,32%).

4.3.2. Hoyo VIII

Abierto en arenas sobre un depósito de terraza compacto, encostrado y duro. La fracción cantos y gravas, abundante en la base del perfil, está representada por cuarcita y otras rocas metamórficas, procedentes del Sistema Central, con manchas de cemento de arcilla y óxido rojo oscuro y amarillo, y también por aglomerados de arena de cuarzo que se deshacen con facilidad o por sólo cemento. Hacia techo dominan los cantos de cuarcita. Las arenas son mineralógicamente más ricas que las de Cubillas. A techo las arenas muestran rasgos eólicos y la curva granulométrica también delata ese origen.

Tabla 8. Resultados del análisis en la Cata VIII.

Prof.	Muestra	cantos	gravas	finos	Textura (l-ac)	Color seco	Color húmedo
0-5/10	VIII4	0	0,8	99,2	arena 94,9/5,06	10YR 6/4 light yellowish brown	10YR 4/6 dark yellowish brown
5/10-60	VIII3	0	0,9	99,1	arena 93,9/6,08	10YR 6/4 light yellowish brown	10YR 4/6 dark yellowish brown
60-80/85	VIII2	4	1,6	94,3	arena 91,5/8,48	10YR 6/3 pale brown	10YR 6/4 light yellowish brown
85-90	VIII1	32,9	13,9	53,2	arenosa franca (loamy fine sand) 13,96	10YR 6/3 pale brown	10YR 5/4 yellowish brown

Interpretación: arenas heredadas del depósito aluvial terciario subyacente especialmente del cemento arcilloso con granos de arena, con población textural eólica importante en las capas superiores; todo él edafizado. Color rojizo debido a los óxidos heredados del aluvión.

5. DISCUSIÓN

Con 435 mm de precipitación anual y una temperatura media anual de 12,7°C/11,5°C, en Valladolid y Valladolid aeropuerto respectivamente, el ambiente es demasiado húmedo para un proceso típico de zonas con precipitación igual o inferior a 150 mm/año. La protección vegetal frena la velocidad del viento y con ello su capacidad de trabajo. Otras veces, es la presencia de un manto freático cercano a la superficie el factor limitante.

En Cubillas, por ejemplo, sí que se da actualmente el resto de requisitos para el modelado eólico: la presencia de arenas y el viento. A partir de lo hallado en las catas y de la morfología de su entorno, no hay duda de que la actividad eólica no es sólo un proceso actual. La abundancia de ventifactos en varios niveles pleistocenos de terraza nos hablan de la abrasión y de la movilidad de las arenas en tiempos pasados. En Cubillas la principal fuente de arena para la actividad eólica actual son las acumulaciones eólicas pretéritas.

El umbral de velocidad del viento a 2 m sobre el suelo, a partir del cual las partículas de arena son arrancadas e incorporadas al flujo por un corto trecho, es de alrededor de 16 km/h (Bagnold, 1941; Chorley *et al.*, 1984, p.412). La máxima cantidad de arena transportada no se produce ni con vientos moderados, los más frecuentes, ni con vientos de temporal, sino con vientos fuertes (frescachón de Beaufort) que soplen no más de 30 días al año (Chorley *et al.*, 1984, p.414). Pese a lo incompleto de los datos, en Valladolid aeropuerto (846 m snm), con sólo 11 de los 30 años completos, se han registrado rachas de viento fuerte (≥ 55 km/h) más de 30 días/año en 12 años. En Valladolid (735 m snm) con 6 años completos, solo 5 años registran 30 días o más de vientos con rachas ≥ 55 km/h. En Zamora (656 m snm), 19 completos y 2 años. En Olmedo (Gutiérrez Elorza *et al.*, 2005) las direcciones del tercer cuadrante

(SW y WSW) son las más importantes, aunque las velocidades son moderadas. Cubillas está más abierta a vientos del tercer cuadrante, que se canalizan entre las Sierras de Gata y de la Estrela, que a los de componente sur, por la presencia de la barrera del Sistema Central (a 100 km de distancia).

Los vientos fuertes se dan en cualquier estación, aunque son más raros en verano. En definitiva, hay viento, hay materiales finos, arenas, pero la vegetación climática o paraclimática, en consonancia con la humedad ambiental, impediría este tipo de procesos.

Cubillas, incluso protegida, mantiene una ganadería y fauna que ha mermado mucho el estrato herbáceo y en parte el arbustivo, de difícil recuperación en unos suelos de baja fertilidad. El estado de las encinas, de más de 200 años, unas enterradas y otras desarraigadas, avala la vigencia del proceso eólico (Ramos, 1999). Por otra parte, en los alrededores del Duero se ha desarrollado un cultivo intensivo de regadío que ha exigido la perforación de toda la superficie y que ha provocado un descenso del freático (BOE, 2014).

Las morfologías eólicas que encontramos son las típicas de zona vegetada (Hack, 1941; Díaz del Olmo *et al.*, 2010), donde la vegetación limita la disponibilidad de material y las formas se deben más a la acción de la deflación que a la propia acumulación de arenas (Ruiz *et al.*, 2009). Las *blowout dunes*, una especie de cuenco circular con una duna al lado de sotavento (Chorley *et al.*, 1984), son aquí frecuentes, como también las vaguadas de deflación de forma poco definida, más o menos en V, de las dunas parabólicas. La acumulación restante, informe, responde al denominado “manto eólico”.

Por tanto, atribuimos la presencia del modelado eólico activo en Cubillas, no al cambio climático, sino a la actividad humana a escala local y regional.

6. CONCLUSIONES

Si bien todos los depósitos estudiados aparecen como acumulaciones eólicas (idénticas) en los mapas geológicos, distinguimos dos ambientes:

a) Dehesa de Cubillas: con la máxima actividad eólica actual de la zona, en un manto eólico bajo encinar adhesionado en el que se distinguen *blowout dunes*, dunas parabólicas y cubetas de deflación de perfil en U y en V con mayor actividad hidrológica subsuperficial.

b) Medina y Alaejos: Arenales estabilizados por pinares con fuerte herencia del sustrato aluvial terciario. En Medina del Campo una cierta actividad eólica reciente en la cima del arenal queda reflejada en unas curvas granulométricas con población textural eólica no tan pura como las de Cubillas. El transecto del arenal revela fuerte influencia granulométrica, textural y mineralógica de las arcosas y fangos arcóscos miocénicos subyacentes. La parte superior del depósito combina rasgos aluviales heredados con otros eólicos. El transecto realizado va desde el ambiente aluvial y de decantación de Lavajo hasta el más eólico en la cima del arenal, pasando por un ambiente con más herencia del sustrato. Las catas sobre el arenal muestran tanta mayor herencia de la arcosa cuanto más profundidad, y mayor población eólica cuanto más a techo. Al SW de Alaejos, queda patente la fuerte herencia del sustrato aluvial terciario, más antiguo que las arcosas de Medina, visible en la textura, la curva granulométrica y la mineralogía. La mayor actividad eólica en el medio metro superior de depósito ha sido bastante estabilizada mediante plantación de pinos.

En el encinar adhesionado de Cubillas la mayor actividad eólica y las morfologías más claras se explican por una mayor exposición a los vientos dominantes del SW, por la intensificación del uso ganadero, que impide el desarrollo de un estrato herbáceo que fije las arenas, y por el descenso del nivel freático consecuente a su intensa explotación para regadío, que libera material eólico.

AGRADECIMIENTOS

A León Navarro Burriel, técnico encargado del Laboratorio de Geomorfología del Departamento de geografía de la Universitat de València Estudi General, por el pronto tratamiento de las muestras.

7. BIBLIOGRAFÍA

B.O.E. Núm. 113 Viernes 9 de mayo de 2014 Sec. III. Pág. 35765.

Bagnold, R.A. (1941) *The Physics of Blown Sands and Desert Dunes*, London, Chapman & Hall, 2ª ed. 1973, 265 pp.

Bateman, M.D. y Díez Herrero, A. (1999) Thermoluminescence dates and palaeoenvironmental information of the late Quaternary sand deposits, Tierra de Pinares, Central Spain, *Catena*, 34, 277–291.

- Bernat Rebolal, M. y A. Pérez-González (2008) Inland aeolian deposits of the Iberian Peninsula: Sand dunes and clay dunes of the Duero Basin and the Manchega Plain. *Palaeoclimatic considerations. Geomorphology* 102 (2008) 207–220.
- Chapman, H. D. & Pratt, P. F. (1973): *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Ed. Trillas. México.
- Chorley, R.J., Schumm, S.A. y D.E. Sugden (1984) *Geomorphology*, London, New York, Methuen, 589 pp.
- Díaz del Olmo, F., Recio Espejo, J.M., Borja Barrera, C., Cámara Artigas, R. y F. Borja Barrera (2010) Nuevas aportaciones a la caracterización geomorfológica del Manto Eólico Litoral de El Abalarío-Doñana: el perfil de la laguna Río Loro (Huelva, España) *Geogaceta*, 48, 3-6.
- García, J. (1986): *El clima en Castilla y León*. Valladolid, Ed. Ámbito.
- Gutiérrez-Elorza, M., Desir, D., Gutiérrez-Santolalla, F. y C. Marín (2005) Origin and evolution of playas and blowouts in the semiarid zone of Tierra de Pinares (Duero Basin, Spain), *Geomorphology* 72 (2005) 177–192.
- Hack, J.T. (1941) Dunes of the Western Navajo Country, *Geographical Review*, vol. 31, 240-63.
- Hernández-Pacheco, F. (1923) Las arenas voladoras de la provincia de Segovia. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Madrid. tomo XXIII, pp. 211-216.
- http://www.patrimonionatural.org/articulos.php?fija_id=31#reservasnaturales
- Jackson, M.L. (1964) *Análisis químico de suelos*, Barcelona, Omega.
- Jiménez Fuentes, E. y J.M. García Marcos (1980) Memoria del Mapa Geológico de España. Serie Magna. Hoja 426. Fuentesauco. Escala 1:50000. Segunda serie. Primera Edición. Madrid. p.21-22.
- Jiménez Fuentes, E. y J.M. García Marcos (1981) Memoria del Mapa Geológico de España. Serie Magna. Hoja 398. Castronuño. Escala 1:50000. Segunda serie. Primera Edición. Madrid. p.23.
- Muhs, D.R., Stafford, T.W., Cowherd, S.D., Mahan, S. A., Kihl, R., Maat, P.B., Bush, C.A. and J. Nehring (1996) Origin of the late Quaternary dune fields of northeastern Colorado, *Geomorphology* 17, 129-149.
- Munsell Soil Co. Inc. (1954): *Munsell Soil Color Charts*. Maryland. E.E.U.U.
- Palmer, R.G. y F.R. Troeh (1980) *Introducción a la Ciencia del suelo. Manual de laboratorio*. México, AGT Editor, pp.27-40.
- Pérez González, A., Martín-Serrano Gracia, A. y C. Pol Méndez (1994) Depresión del Duero en: M. Gutiérrez Elorza (Ed.) *Geomorfología de España*, Madrid, Editorial Rueda, pp. 351-388.
- Pérez, A. (1981): El cuaternario de la región central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos. En: *Temas Geologico-Mineros*. Madrid, IGME, Vol VI, parte 11ª: 717-740.
- Pineda Velasco, A. (2007) Mapa Geológico de España. Serie Magna. Hoja 427. Medina del Campo. Escala 1:50000. Segunda serie. Primera Edición. Madrid. IGME. p.27.
- Porta Casanellas, J. (1986): *Técnicas y experimentos en edafología*. Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Cataluña. <http://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre06.pdf>.
- Primo Yúfera, E. & Carrasco Donier, J. M. (1973): *Química Agrícola. Suelos y fertilizantes*. Ed. Alhambra.
- Ramos Santos, J.M. (1999) Estructura y dinámica de los encinares en las llanuras de la cuenca del Duero. *Medio Ambiente en Castilla y León*, 12, Valladolid, Junta de Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente, pp.2-10.
- Ruiz Benito, P., Álvarez-Uria, P. & Zavala, M. A. (2009) 9540 Pinares mediterráneos de pinos mesogeos endémicos. 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. 112 p.
- Scheffer, F. & Schachtschabel (1984) *Lehrbuch der Bodenkunde*, Suttgart, Enke, pp.18-22.
- Schlichting, E., Blume, H-P. y K. Stahr (1995) *Bodenkundliches Praktikum*, Berlin-Wien, Blackwell, 295 pp.
- Thompson, L.M. & R. Troeh, F. (1980) *Los suelos y su fertilidad* Barcelona, Ed. Reverté, pp.54-63.