

ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y MORFOLÓGICO DE UNA DUNA COSTERA «BLOWOUT» (CABO FROUXEIRA, LA CORUÑA)

G. FLOR

TRABAJOS DE GEOLOGIA Flor, G. (1984).—Estudio sedimentológico y morfológico de una duna costera «blowout» (Cabo Frouxeira, La Coruña). *Trabajos de Geología*, Univ. de Oviedo, 14, 161-174.



Se tratan aspectos morfológicos y sedimentológicos de una duna costera del tipo «blowout» en el litoral septentrional gallego. Se ha llevado a cabo una recopilación bibliográfica extensa sobre el tema, ordenando los datos dispersos existentes. Las precisiones morfológicas se centran en la distribución de las superficies erosivas y sedimentarias, relación areal, distintos subambientes, tipo de taludes, pendientes de reposo, etc. Los sedimentológicos hacen especial hincapié en las características texturales de los depósitos arenosos y en las estructuras sedimentarias internas.

The morphological and sedimentological characteristics of a coastal *blowout dune* (Cabo Frouxeira, Galice-NW Spain) are studied. Dune morphology is described in detail from several cross sections. Sedimentological analysis: textural parameters and internal sedimentary structures were carried out.

Germán Flor, Departamento de Estratigrafía, Universidad de Oviedo. Manuscrito recibido el 29 de marzo de 1984.

SITUACIÓN

Las dunas costeras de Frouxeira se encuentran formando parte de la posplaya de Frouxeira, tanto en las áreas de ensenada como en el borde occidental del Cabo del mismo nombre, en que llegan a situarse sobre el sustrato rocoso a diferentes alturas: 45, 26 y 17 m.

Este área se ubica en el Municipio de Valdoviño (La Coruña), al E de la ciudad de El Ferrol. Desde el punto de vista fisiográfico se incluye dentro de la región costera denominada «Rías Altas Gallegas». Corresponde a un sector costero fundamentalmente acantilado, comprendido entre las rías de El Ferrol por el occidente y la de Cedeira por el oriente, donde la litología y estructuras determinan una línea de costa con abrasión diferencial.

Las dunas de tipo blowout se desarrollan preferentemente sobre las dunas remontantes que cubren la rasa litoral sin depósitos marinos asociados de 45 m. Esta superficie de abrasión se conserva entallando el Cabo Frouxeira hacia el interior.

Se ha elegido una duna originada sobre una pendiente suave del borde E de la punta (Fig.

1), donde la inclinación del terreno tiene una media de 12° hacia el E.

Actualmente, sobre toda la superficie del Cabo se vienen realizando maniobras militares, lo que perjudica notablemente este entorno natural. La actuación más directa consiste en el levantamiento de trincheras, tanto en el sustrato rocoso como sobre la cubierta arenosa eólica, lo que en parte facilita la observación de las estructuras sedimentarias internas, y la formación de huecos por impactos de mortero, que pueden inducir la generación de nuevos blowouts.

ANTECEDENTES

Las dunas de Frouxeira han sido descritas con anterioridad, habiéndose establecido la historia deposicional de los conjuntos arenosos, así como las características sedimentológicas de las arenas, que configuran el sistema playa-dunas eólicas. Las dunas blowout eran consideradas como un tipo de dunas desarrolladas sobre remontantes antiguas, ya fijadas, y como consecuencia de la removilización, sobre éstas, por vientos del S-SO (O'Neill 1983; Flor *et al.* 1983).

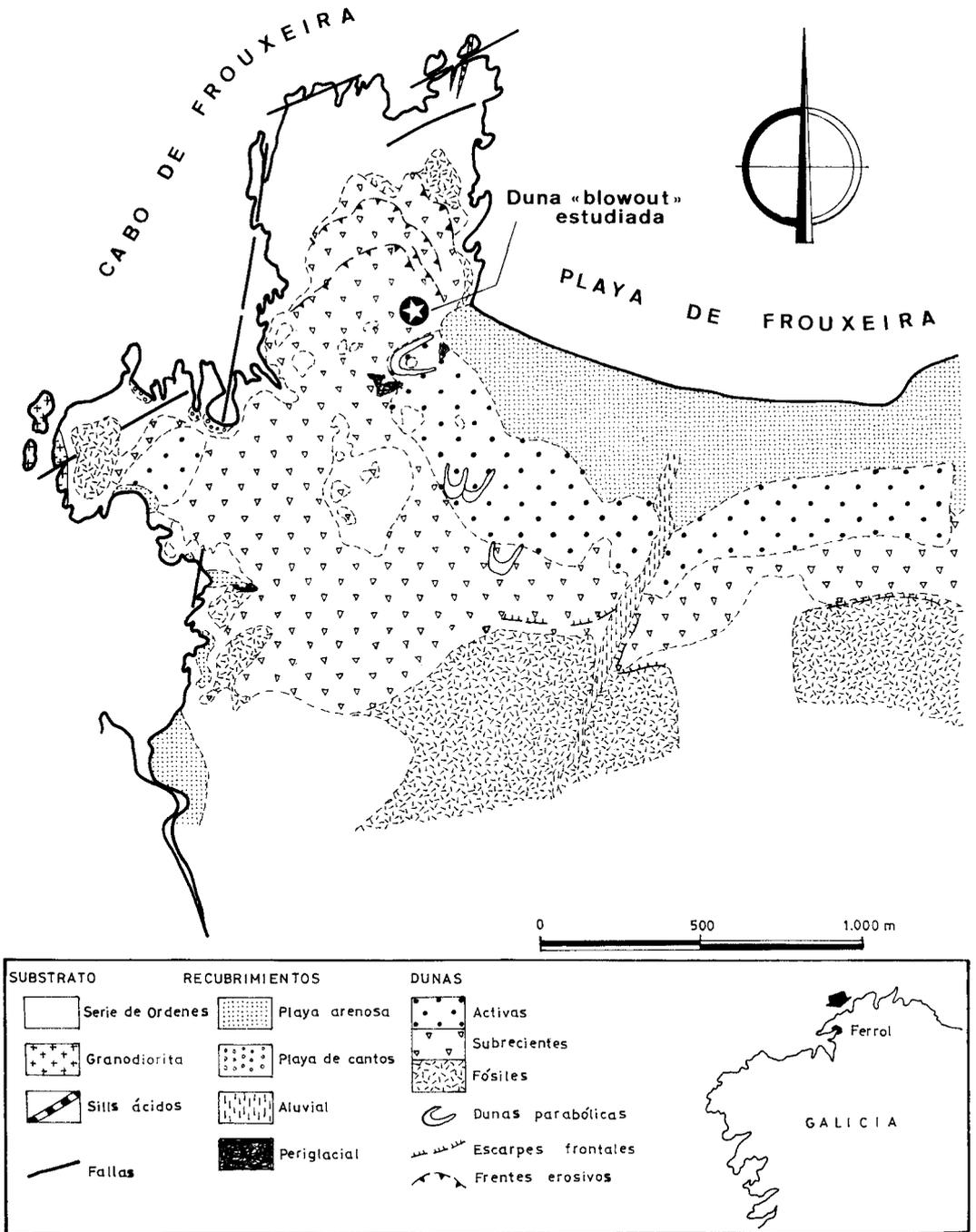


Fig. 1.—Situación de la duna blowout estudiada en el complejo dunar eólico de la Playa y Cabo Frouxeira. Este tipo de dunas se desarrolla sobre las dunas remontantes, que se ubican en las laderas y sobre la superficie del Cabo por vientos fuertes del NE, que barren la playa. El emplazamiento de las dunas remontantes, que son primarias, debió producirse en épocas preholocenas, a juzgar por el grado de edafización, colonización vegetal, disolución de restos bioclásticos carbonatados en las arenas y actual removilización por vientos del S-SO que deriva en la formación actual de dunas blowout. Simplificado de Flor *et al.* (1983).

Se desarrollan frecuentemente en el litoral gallego, desde Foz a la desembocadura del Miño, y son prácticamente inexistentes en la cornisa cantábrica, aún cuando existan depresiones de deflación en este área, pero sin adquirir la típica morfología a que creemos debe restringirse este tipo de dunas y que se tratará en capítulos posteriores.

Han sido citados en el S de Francia (Tricart y Cailleux 1969), Holanda (Van Dieren 1934; Vanhouten 1939 y Van Straaten 1963, entre otros), Brasil (Bigarella 1972), Estados Unidos (Hack 1941; Smith 1954 y 1965; Cooper 1967; Ahlbrandt y Fryberger 1980; Andrews 1981, etc.) y en otras partes del mundo, tanto en áreas costeras marinas o de lagos interiores, como continentales.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Este estudio tiene como finalidad aportar algunas precisiones sobre la morfología de una duna blowout, la distribución granulométrica en sus depósitos arenosos y las estructuras sedimentarias internas, que son particularmente deficitarias o incoherentes en la bibliografía existente.

Se levantaron tres perfiles topográficos, dos de ellos paralelos a los ejes mayores y, por tanto, paralelos a los vientos que las originan, y un tercero perpendicular a ambos. A medida que se lleva a efecto la medición, se registran las pendientes de reposo y se toman muestras superficiales de arena de los puntos más representativos.

Se ha dividido la duna en varios subambientes de acuerdo con su situación, respecto de los vientos S-SO, principales causantes de éstas, aún cuando no se descarta un cierto efecto del componente NE, que retocaría el conjunto, invirtiendo los términos de la franja sedimentaria. Esto es así porque la persistencia de un único componente de viento marcaría diferencias en las alturas del labio sedimentario o abriría uno de los bordes, generalmente los de barlovento. El talud de barlovento S representa todo el flanco meridional de la duna, desde la cresta hasta el pie, incluyendo las muestras F-1, F-2, F-22, F-23, F-33 y F-34. El de sotavento S, desde la cresta hasta el interior de la depresión: F-4, F-19 y F-20. El de barlovento N: F-9, F-16, F-17, F-25 y F-30. Y, finalmente, el de sotavento N: F-11, F-12, F-13 y F-14. Cresta: F-3,

F-10, F-15, F-21 y F-31 y depresión: F-5, F-6, F-7, F-8, F-26, F-27 y F-29 se individualizan fácilmente.

Las arenas se someten a tamizado, a intervalos de 0,25 ϕ , construyéndose las curvas acumuladas en papel probabilístico, de las que se deducen los parámetros de rango: C, ϕ 5, ϕ 16, ϕ 25, ϕ 50, ϕ 75, ϕ 84 y ϕ 95 y se calculan los parámetros de relación, según Folk y Ward (1957): Media (M_z), Clasificación (C_I). Asimetría (Ski) y Angulosidad (Kg). No se incluye el contenido carbonatado bioclástico al estar prácticamente decalcificadas.

Los datos se agrupan según los subambientes considerados, determinándose el valor medio, máximo y mínimo, en cada caso y, finalmente, comparándose entre sí.

Para la identificación de las estructuras sedimentarias internas, se procedió a la apertura de una zanja de 1 m de anchura en el borde más septentrional de la duna, de forma que cortara perpendicularmente a la cresta. La uniformidad de los componentes arenosos en este área concreta, casi exclusivamente de cuarzo, se traduce en una falta de contraste entre las láminas. Se abandonó, por tanto, el proyecto de continuar seccionando esta duna, sustituyéndolo por la revisión de todos los afloramientos de los labios sedimentarios del campo de blowouts al que pertenece la duna estudiada. Algunos cortes frescos se presentaban de una forma natural, pero buena parte se habían abierto días atrás durante unas maniobras militares.

DEFINICIÓN

El término *blowout* hace referencia a depresiones erosivas debidas a procesos de deflación eólica (removilización de granos). La escuela francesa suele emplear el vocablo *caoudeyrisation* para este mismo fenómeno, puesto que a los huecos de deflación o marmitas se denominan *caoudeyre* en la región gascona (Tricart y Cailleux 1969).

En las Grandes Llanuras Americanas, los primeros exploradores los conocieron bajo la acepción de *buffalo wallow*, al ser frecuentadas por bisontes que encontraban pasto en el fondo. También, en cuencas amplias cerradas de regiones áridas, se interpretan como tales cubetas de deflación a depresiones extensas de varios kilómetros de diámetro y más de 100 m de profundidad; son ejemplos los de *Big Hollow* en

Laramie (Wyoming), que tiene 5 Km de anchura, 15 Km de longitud y 100 m de profundidad, y la Depresión de Qattara (Egipto), donde se estimó una excavación de 3.200 Km² de material (Bloom 1978).

En la Cuenca del Duero, Pérez-González (1982) describe depresiones eólicas irregulares del Pleistoceno medio, que tienen en común un eje mayor alargado en dirección NE-SO, de acuerdo con el viento que las originan. Pueden aparecer de forma aislada, agrupadas o fundidas. Tienen dimensiones de 1 a 5 Km y de 6 a 12 m de profundidad. Los fondos son más o menos planos, con cantos y gravillas eolizadas y arenas; las laderas son cóncavas y suavemente cóncavo-convexas.

En áreas propiamente dunares, se ha llegado a referir únicamente como proceso erosivo, bien por el mar que erosiona el cordón dunar (gran duna transversal) en su margen externa (Bird 1970), por deformación de las dunas vegetadas (Goldsmith 1978), o como una morfología erosiva dentro de una duna parabólica (Landsberg 1956) o en forma de domo (Bigarella 1972).

Como forma dunar se dispone de una mayor información. Desde un punto de vista más estricto, se han descrito como una depresión en forma de plato, copa o agujero, formada por la erosión del viento en un depósito arenoso preexistente; la acumulación asociada de arena deriva de la misma depresión y es considerada comúnmente como parte de la duna (Glenn 1979). La sedimentación tiene lugar alrededor de la depresión, constituyendo un ribete o labio marginal. Generalmente, se originan en dunas costeras o en áreas continentales con desarrollo de vegetación.

En el campo dunar instalado sobre el Cabo Frouxeira, se diferencian toda una serie de dunas, donde predominan los procesos erosivos sobre los sedimentarios.

Las más llamativas y frecuentes son las citadas inmediatamente antes y objeto del estudio presente.

También son importantes grandes surcos de deflación (*wind furrow*), que llegan a constituir pasillos estrechos con perfiles en forma de U; el fondo está tapizado por arenas gruesas y gravas, generalmente bioclásticas, que representan depósitos residuales (*lag*).

En las áreas más septentrionales de sedimentación arenosa eólica, cercanas a la punta del Cabo, se originan amplias calderas de erosión

de fondo muy irregular, que culminan con ribetes sedimentarios de cierta continuidad. Dentro de la amplia depresión, se individualizan otras menores de forma totalmente independiente. Dibujan en planta líneas arqueadas convexas hacia el N. Los taludes del lado S son fuertemente cóncavos hacia arriba y con pendientes que pueden superar los 40°, estando escasamente colonizados por vegetación. La cresta es relativamente aguda y el talud N está muy vegetado y presenta pendientes moderadas (20°). Las crestas pueden relevarse unas a otras intentando cerrar un frente semicircular. En la Fig. 1, este tipo de dunas se han representado por sus taludes erosivos (frentes erosivos).

CLASIFICACIÓN, ORIGEN Y EVOLUCIÓN

De una forma global, Hack (1941) clasifica las dunas eólicas, siguiendo tres controles fundamentales:

- régimen de vientos
- aportes arenosos
- crecimiento de la vegetación.

En el caso de dunas blowouts, Smith (1954) las incluye dentro de la categoría de Dunas Transgresivas, orientadas y paralelas a los vientos que las construyen. Seppala (1971) distingue dunas blowout (nichos o depresiones de deflación) originadas durante la deposición de las depresiones (blowouts) o surcos de deflación (*wind furrows*), que retocan dunas o mantos eólicos preexistentes. Por su parte, Strahler y Strahler (1978) separan dunas costeras blowout y dunas parabólicas blowout, que tienen en común el que la curvatura de la cresta se arquea con la convexidad a sotavento, siendo la primera una forma esencialmente erosiva (depresión semejante a un cazo). McKee (1979) incluye en una misma categoría de dunas básicas a dunas blowout y parabólicas, basándose en las morfologías, estructuras sedimentarias y en la forma y número de los frentes de avalancha (*slipfaces*); los blowouts tendrían uno o más frentes y estarían controladas por la cubierta vegetal. Para otros autores, blowouts y parabólicas son dunas secundarias, desarrolladas sobre otras formas dunares mayores, originadas con anterioridad (Ahlbrandt y Fryberger 1980).

Los blowouts se desarrollan donde la vegetación cubre dunas no consolidadas. Se puede iniciar por una actividad humana intensa y localizada: pisadas de caminantes, vehículos, incendios forestales, pasto excesivo, construcción

de galerías por conejos, etc. Aún cuando para algún autor, como McKee (1979), las dunas blowouts son controladas mejor por la estabilización parcial de la vegetación o la humedad o por ambas, que por la fuerza y dirección del viento, en la zona noroccidental española, solamente los vientos más intensos y no los reinantes llegan a desarrollar este tipo de dunas.

Sistemáticamente, se reúnen dunas blowout y parabólicas costeras en una categoría única, por cuanto existe una evolución desde las primeras a las últimas, como han puesto en evidencia diferentes autores. Incluso, las dunas parabólicas representarían un tipo de blowout, en las que la parte media se ha movido hacia adelante con respecto a los lados o brazos (Hanck 1941). Landsberg (1956) propone la evolución de una parabólica desde una especie de blowout.

También Cooper (1967) es de esta opinión, estableciendo además, tres condiciones para que una duna blowout pase a parabólica:

- 1.º Espesor inicial considerable de la capa arenosa.
- 2.º Una superficie estabilizada por vegetación, pero con puntos de debilidad.
- 3.º Viento efectivo unidireccional, fundamentalmente.

Para Bird (1970) se desarrolla hacia una parabólica en tramos costeros expuestos, sometido a vientos fuertes. McKee y Bigarella (1979) piensan en tal evolución, pero cuando un viento reinante causa el avance de una sección inestable del labio.

Smith (1940) sugiere un ciclo en que la vegetación ejerce un fuerte control; distingue dos fases: eólica y eluvial. La fase eólica se caracteriza por una disminución del control por vegetación y crecimiento activo de dunas. Los blowouts serían típicos en esta fase.

En el caso de las dunas de Frouxeira, el emplazamiento de las arenas eólicas tuvo una historia compleja. Las dunas blowout se generan sobre el manto de arenas eólicas situadas sobre el Cabo Frouxeira; está constituido por dunas remontantes o colgadas, que son rebajadas por vientos del S y SO. Se incluirían, por tanto, dentro de la terminología de dunas costeras secundarias.

MORFOLOGÍA

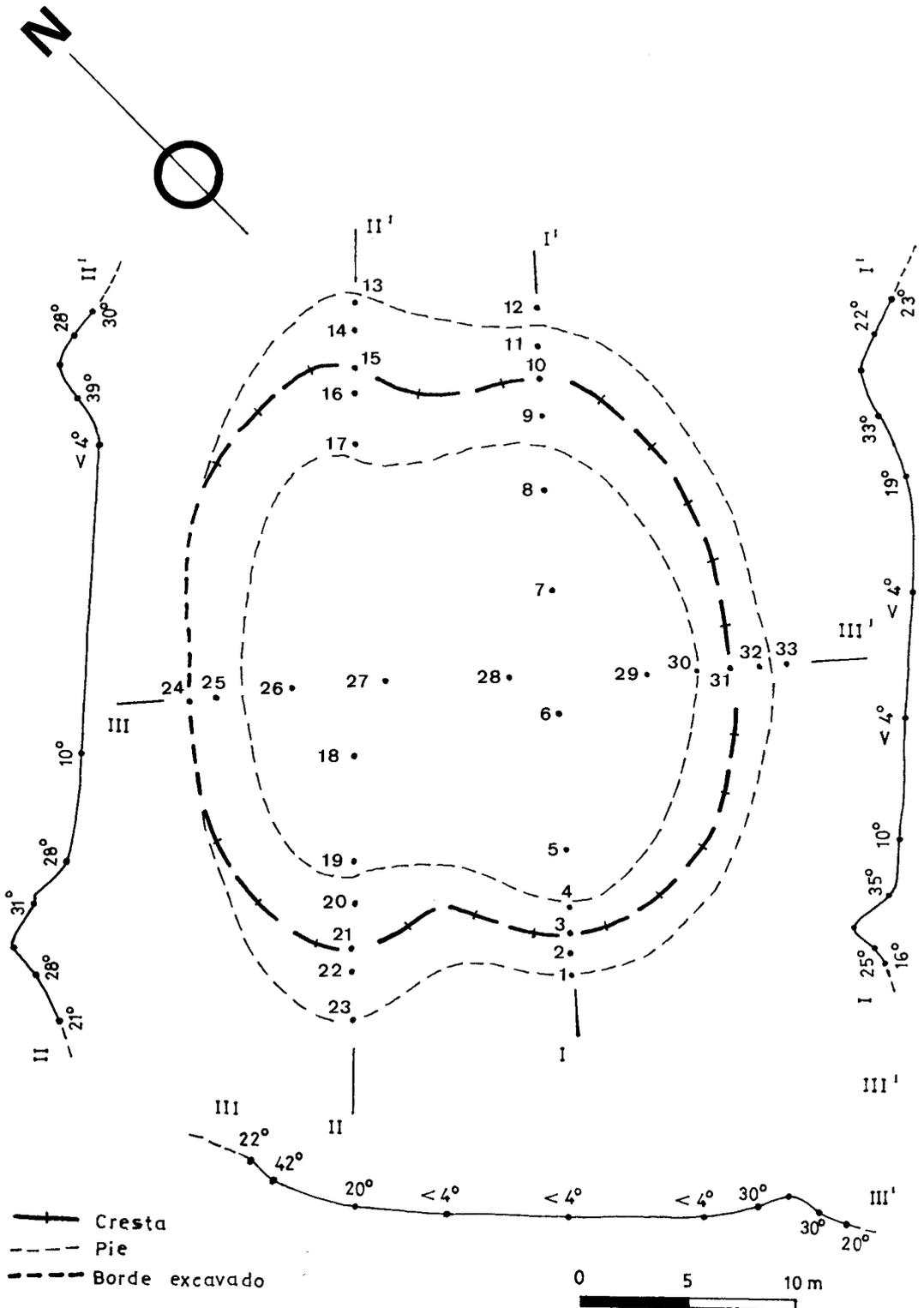
Es estrictamente necesario delimitar con exactitud el tipo de dunas blowout o depresio-

nes ovaladas a que nos vamos a referir en este trabajo.

Somos partidarios de restringir esta acepción a aquellas dunas constituidas por dos porciones: una depresión erosiva y una acumulación arenosa marginal fijada por vegetación. Normalmente, la depresión adquiere una forma circular (McKee 1979) o de un casquete semiesférico; aparecen a modo de cráteres, variando ampliamente de tamaño y forma, debido al anclaje por vegetación de sus bordes (McKee y Bigarella 1979); estos aspectos, así como el grado de estabilización, fueron previamente apuntados por Smith (1965). Este mismo autor distingue contornos circulares, ovales y alargados, con longitudes que oscilan desde unas pocas decenas de pies a más de 1.000 pies; el arena deflacionada da lugar a pequeños abanicos o batientes, montículos o crestas menores, que en algunos casos se elevan por encima de la forma original. Ahlbrandt y Fryberger (1980) describen depresiones de 3 a 5 m de profundidad, pudiendo llegar hasta los 12 m. Pérez-González *et al.* (1983), en dunas eólicas de la Llanura Manchega Central, registran profundidades de 3-4 m y longitudes del eje mayor comprendidas entre 200 y 300 m. En cualquier caso, la profundidad de deflación viene limitada por la tabla freática, siendo más efectiva por debajo del nivel de raíces (Bloom 1978). En cuanto a los ángulos de reposo, al depender su formación del grado de humedad, entre otros factores, varían, según Bigarella *et al.* (1969), desde 34º a 39º, mientras que para Bird (1970) los frentes del avance oscilan de 30 a 33º.

En Frouxeira, los blowouts simples son más bien escasos. Suelen constituir formas complejas compuestas por dos (más frecuentemente) o más unidades. Su forma es variada, tendiendo a dar formas ovaladas en planta, cuyo eje mayor se alinea paralelamente a los vientos que las generan. Se individualiza una depresión central y un labio sedimentario marginal, que se eleva sobre el terreno circundante. Cuando se abren por el frente viento arriba se crean pequeñas depresiones por donde se canaliza la arena, deramándose a sotavento a modo de abanicos.

La duna estudiada parece estar formada por dos depresiones fundidas, cuya planta da en conjunto un dibujo ovalado de unos 615 m² de superficie, con los ejes mayores alargados en dirección NE-SO (Fig. 2). Tiene una longitud de 27 m medida entre dos crestas, una anchura de



25 m y una altura, entre el fondo y la cresta, que varía de 2 a 3 m siendo la media de unos 2,5 m. Está excavada sobre una ladera inclinada 12° - 13° hacia el E, de forma que en la porción superior tan sólo se conserva el talud de deflación con pendientes fuertes de hasta 42° . En toda la zona marginal restante, se ha construido un labio sedimentario, cuya anchura es bastante constante: 6,6 -7,4 m, mayor donde la tasa sedimentaria es más fuerte y estrechándose en el lado SE y SO: 3,5 m. Tanto la cresta como los taludes de sotavento y barlovento tienen una distribución más o menos paralela, siguiendo el contorno ovalado.

Las pendientes de reposo del ribete externo: 22 - 30° (barlovento S y sotavento N) son menores que las correlativas: 28 - 42° (sotavento S y barlovento N). Las crestas son más agudas en todo el borde SO. El fondo de la depresión, que está actualmente colonizado por tojos (toxos): *Ulex europeus*, ocupa la mayor parte de la superficie dunar (380 m^2) y está suavemente inclinado en el mismo sentido que la ladera, pero con una pendiente inferior a los 4° ; lo constituye una superficie prácticamente plana, que enlaza suavemente con los taludes internos de la cresta; en algunos puntos, se encuentran pequeños cantos angulosos con la roca inmediatamente debajo. Tanto los taludes internos como los externos tienden a formas cóncavas hacia arriba, lo mismo que la depresión, mientras que las crestas representan bandas convexas. En el lado de sotavento S, del perfil II' aparece una especie de escalón intermedio, cuyo significado estaría en una actuación de vientos del NE sobre la duna y que induciría en esta esquina un ensanchamiento de la franja sedimentaria.

Comoquiera que la superficie ocupada, en planta, por toda la duna es de 615 m^2 y el área de la depresión 380 m^2 , la superficie sedimentaria se reduce a 235 m^2 , lo que supone que la depresión abarca un área de algo más de 1,5 veces la del labio marginal.

Si bien la mayor parte del material sedimentario procede de la excavación de la misma, no hay que descartar aportes arenosos de otras dunas contiguas, aunque de menor magnitud.

CURVAS ACUMULADAS Y PARÁMETROS TEXTURALES

Se recogieron 33 muestras arenosas para su tamizaje, obteniéndose las curvas acumuladas y los parámetros de rango y de relación, anteriormente aludidos.

Las curvas acumuladas representativas de los subambientes (Fig. 3) revelan escasas diferencias. En general, son curvas con tendencia subvertical, muy bien clasificadas. Únicamente, hay una mayor dispersión por debajo del percentil 10, de una manera mucho más notoria en la depresión; indica que la población granulométrica más gruesa se está emplazando mediante un mecanismo de tracción sobre el fondo, posiblemente por rodamiento. También en la depresión, el intervalo de tamaños es relativamente más amplio.

Por lo que respecta a los parámetros granulométricos, se separan el Centil, Media, Clasificación, Asimetría y Angulosidad, que se reflejan en forma de isolíneas para una mejor comprensión de su distribución y visualización (Fig. 4). Los valores medios de cada parámetro en los subambientes, junto con las pendientes posicionales, se recogen en la Tabla I.

Los valores mayores de la energía máxima (Centil), es decir, los tamaños máximos más finos se reparten en la cresta y en los taludes de sotavento. Los tamaños máximos más gruesos, por el contrario, aparecen en la depresión y en los taludes de barlovento, siendo mayores los situados dentro de la depresión.

En cuanto a la energía media, con variaciones sutiles, poco puede concluirse.

La mayor diferencia entre Centil y Media se manifiesta claramente en la Clasificación, que tiene valores peores relativos en la depresión, lo mismo que en el lado de barlovento S. Los mejores se reparten por la cresta, seguidos muy de cerca por los restantes subambientes.

Los procesos de decantación son mucho más intensos en el lado de sotavento N y más modestos en la depresión.

Por lo que respecta a la Angulosidad, los máximos se concentran en la depresión (curvas más agudas), con valores relativamente simila-



Fig. 2.—Dibujo en planta y perfiles transversales de la duna blowout, donde se especifican la situación de las muestras arenosas y las pendientes medidas en el área de recogida de las mismas.

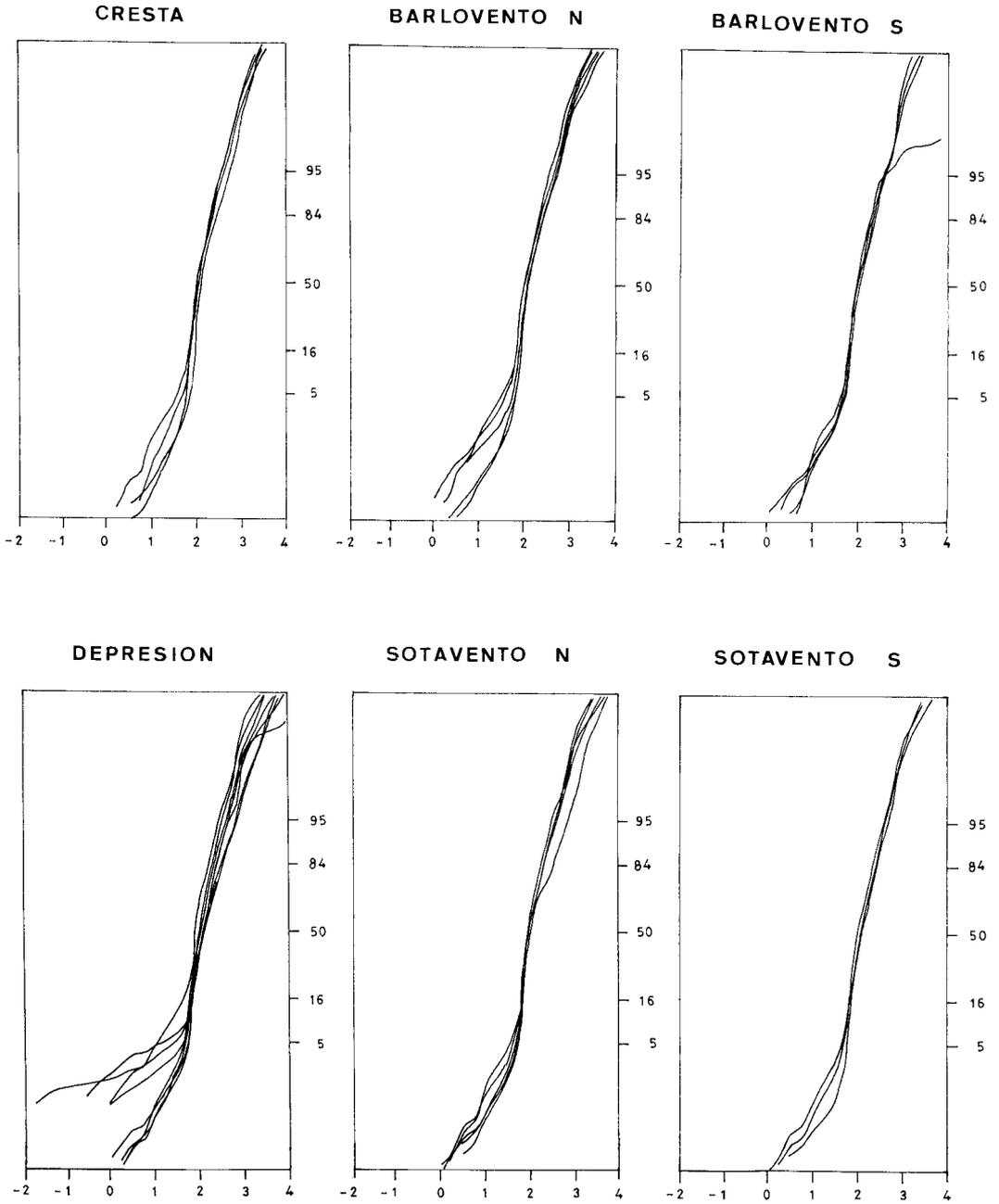


Fig. 3.—Curvas acumuladas de los subambientes individualizados en la duna.

res en las restantes; son ligeramente más achata-
das en barlovento N, sotavento S y barlo-
vento S.

A la luz de estos datos, se observa un con-

traste pequeño entre los diferentes valores; por
ello, pequeñas variaciones tienen un significado
destacado. Este hecho deriva del tamaño fino y
alto grado de selección que experimentan los

Tabla I

	CENTIL		MEDIA		CLASIFICACION		ASIMETRIA		ANGULOSIDAD		PENDIENTE	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
CRESTA	1,02	1,53	2,01	2,16	0,24	0,28	0,15	0,39	0,91	1,25		
	1,23		2,07		0,26		0,28		1,09		4°	
DEPRESION	-1,10	1,37	1,93	2,11	0,23	0,36	-0,09	0,36	0,91	2,04		
	0,67		2,05		0,29		0,23		1,21		4°	
BARLOVENTO N	0,51	1,48	2,02	2,12	0,25	0,27	0,16	0,39	0,94	1,14	33°	42°
	0,99		2,07		0,27		0,30		1,01		30°	
BARLOVENTO S	1,00	1,28	2,0	2,37	0,25	0,51	0,25	0,46	0,92	1,20	15°	30°
	1,12		2,09		0,30		0,31		1,04		22°	
SOTAVENTO N	1,03	1,40	1,99	2,17	0,24	0,34	0,33	0,54	0,95	1,19	22°	30°
	1,25		2,07		0,27		0,42		1,08		26°	
SOTAVENTO S	1,13	1,52	2,05	2,12	0,26	0,27	0,23	0,28	0,89	1,03	28°	33°
	1,33		2,08		0,27		0,26		0,97		31°	

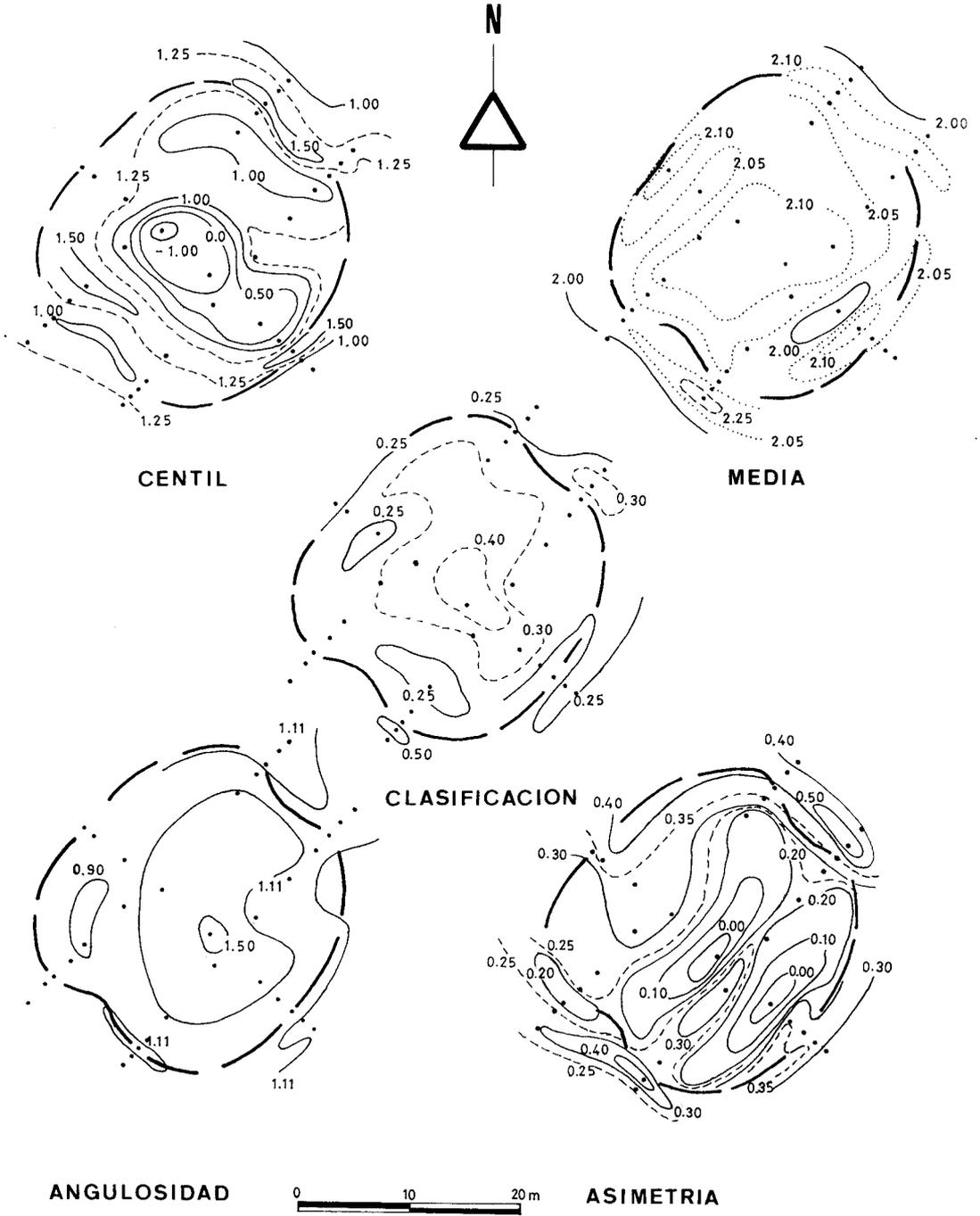


Fig. 4.-Distribución superficial de los parámetros granulométricos. De rango: Centil y de relación: Media, Clasificación, Asimetría y Angulosidad (θ), expresadas en isólineas.

depósitos eólicos emplazados en las áreas más lejanas a la playa, como dunas primariamente remontantes o colgadas (Flor *et al.* 1983).

Practicando un corte imaginario, paralelo al eje mayor, se puede abstraer la existencia de una morfología compuesta por dos megaripples dunares, con una depresión que las conecta entre sí. De esta manera, tendríamos, por un lado: barlovento S –cresta– sotavento S y, por otro: barlovento N –cresta– sotavento N. En medio, con una solución de continuidad, la depresión.

Curiosamente, pueden correlacionarse los subambientes dos a dos. Los taludes de barlovento tienen tamaños máximos más gruesos, Clasificaciones peores, Asimetrías similares y curvas con tendencia a achatadas; asimismo, las pendientes son más suaves, excepto en el lado de barlovento N, que por estar incluido dentro de la depresión y sufrir procesos erosivos, alcanzan inclinaciones mayores. Los de sotavento tienen tamaños más finos, incluso que las crestas adyacentes, las Clasificaciones parecidas, mayores Asimetrías, particularmente en el lado más septentrional y Angulosidades variables. En este último caso, las diferencias son mayores, porque el lado de sotavento N corresponde al depósito más alejado de las áreas de agitación de la duna; por ello, la decantación de finos es más importante en esa zona y consecuentemente las curvas son más picudas.

Si estos subambientes pertenecieran a una única duna, los caracteres se diferenciarían de

una forma mucho más nítida; lógicamente, las interferencias se marcan de una manera más acusada en los taludes internos a la depresión. Al objeto de separar mejor los subambientes, se reunen, por una parte, los de sotavento o barlovento, y, por otra, se toman en consideración los valores medios de los principales parámetros, incluyendo las pendientes, pero de una manera totalmente relativa. Tabla II.

Considerados los parámetros granulométricos desde un punto de vista global, se aprecian tamaños de arena fina (2,07 Φ), Clasificaciones extraordinariamente buenas (0,28 Φ) y Asimetrías fuertemente positivas (+ 0,29 Φ), que son consideradas clásicamente como típicas de ambientes eólicos, particularmente afines a los estudiados por el autor en la costa asturiana (Flor 1981 a y b).

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INTERNAS

McKee (1966 y 1979) piensa que las estructuras *festoon* (estratificación cruzada en surco) en dunas eólicas están relacionadas con blowouts, puesto que son más frecuentes en dunas costeras, donde, a su vez, son abundantes las dunas blowout. Por nuestra parte, creemos que este tipo de estratificación es el resultado del relleno de espacios interdunares, más o menos alargados en la dirección del viento, situados entre dunas de tipo «montículos aislados» y en áreas de enraizamiento de dunas «linguiformes» o ló-

TABLA II

	TAMAÑO	CLASIFICACION	ASIMETRIA	ANGULOSIDAD	PENDIENTE
	VALORES RELATIVOS				
CRESTA	Muy fino	Optima	Media	Picuda	Suave
DEPRESION	Muy grueso	Pésima	Baja	Muy Picuda	Suave
BARLOVENTO	Grueso	Mala	Media-alta	Media-picuda	Variable Moderada-Máxima
SOTAVENTO	Variable Medio-fino	Excelente	Variable Media-muy alta	Variable Chata-picuda	Alta

bulos eólicos, que se desarrollan ampliamente en zonas costeras.

Bigarella *et al.* (1969) revelan que los blowouts tienen estratificaciones cruzadas con pendientes medias de $19,2^\circ$, variando los ángulos de reposo de 34° a 39° , lo que es indicativo de una sedimentación en condiciones húmedas. En un trabajo posterior, Bigarella (1972) restringe la distribución de la estratificación cruzada en surco a la parte superior de las dunas, formándose aparentemente por el desarrollo y relleno ulterior de blowouts. También, McKee y Bigarella (1979) tienen la impresión, a juzgar por sus formas características y la distribución de los blowouts, de que se originen estructuras de erosión y relleno.

Las láminas dentro de estas dunas tienen la misma desviación angular media que las direcciones de las barjánicas, pero el valor medio es mucho más bajo que en éstas y que en dunas transversales. En dunas parabólicas y blowouts, se dan sets de estratificación cruzada con láminas convexas hacia abajo, resultado del control de la vegetación y con ausencia, comunmente, de frentes de avalancha (*slipface*) en el lado de sotavento de estas dunas. Pueden estar constituidas, casi exclusivamente, por depósitos de crestas de barlovento (*topset*: pendientes inferiores de 25° con láminas curvadas suavemente en la parte alta de la duna). Los depósitos de avalancha dan estratificación cruzada planar tabular y en cuña, con láminas incluso paralelas, que se hacen tangenciales en la base y son convexas hacia abajo (Ahlbrandt y Fryberger 1980).

Para Andrews (1981), presentarían estratificaciones cruzadas de tipo planar en cuña y con láminas convexas hacia arriba.

Ahlbrandt y Fryberger (1892) hablan de estratificación cruzada convexa hacia arriba para dunas blowout y parabólicas, mientras que para las restantes, y de una forma general, es cóncava hacia arriba.

En el estudio de las estratificaciones cruzadas de dunas blowouts deben separarse nítidamente las áreas erosivas de las propiamente sedimentarias.

En el primer caso, debido a que la deflación puede removilizar diferentes tipos de dunas con características de estructuras sedimentarias internas bien distintas, pueden quedar al descubierto estratificaciones cruzadas muy variadas.

En el campo dunar del Cabo Frouxeira y de la observación de la mayor parte de los ribetes

sedimentarios expuestos, se pueden identificar varios tipos.

En unos casos, cuando los taludes internos son netamente sedimentarios, se observa una laminación paralela de tendencia convexa hacia arriba por adaptación a la morfología o relieve de la duna, de forma que las inclinaciones de las láminas lo hacen de acuerdo con esto último. Los minerales pesados se concentran en estas áreas internas, generalmente con ocasión de cambios fuertes de pendiente en el inicio de la pendiente suave; en ocasiones son más abundantes en el fondo de la depresión.

En los taludes del labio externo, se identifican laminaciones subparalelas con pendientes deposicionales fuertes, que se hacen tangenciales hacia la base; son frecuentes los *slumpings* incipientes. En un perfil paralelo a la dirección de crestas, cuando no hay vegetación densa, las láminas tienen una gran continuidad lateral; no obstante, llegan a diverger suavemente, dando una laminación planar en cuña muy tendida.

En un perfil transversal a la cresta, se deduce que la estratificación cruzada más frecuente es la planar tabular a gran escala con láminas pendientes (más de 25° , generalmente) en los frentes de avalancha, cuyas láminas pueden ser planas, cóncavas y convexas, en este último caso muy suaves; se trata de frentes de sotavento. También, aparecen láminas subparalelas, que dan en conjunto una estratificación cruzada planar en cuña, cuyas pendientes se orientan en sentido contrario y más suavemente representan taludes de barlovento (depósitos de *topset*); se colocan erosivamente unos sets encima de otros.

A veces, parecen rellenos de surcos, pero transversalmente se observa su pertenencia a megaripples.

Los ripples asimétricos de pequeña escala se reparten por todos los subambientes; los minerales pesados se concentran en cresta y flancos.

Cuando estas dunas se fosilizan y colonizan fuertemente por vegetación, la laminación se torna irregular por la bioturbación radicular intensa.

CONCLUSIONES

1.—Se restringe el término de duna *blowout* para aquellas depresiones erosivas, producto de la deflación eólica, que, en planta, tienen una forma esférica y más comunmente ovalada,

cuyo eje mayor está alargado en la dirección del viento que las genera; pueden ser simples y, más frecuentemente, compuestas. Se completan mediante un ribete sedimentario o banda convexa, que rodea prácticamente toda la depresión, levantándose por encima del manto eólico arenoso circundante. Adquieren longitudes y anchuras a escala decamétrica, mientras que las alturas, medidas desde la cresta al fondo de la depresión, lo hacen a escala métrica.

El volumen de la depresión es siempre mayor que el correspondiente del labio sedimentario; la mayor parte del depósito procede de la deflación de la depresión, aún cuando una parte pequeña puede derivar de blowouts colindantes o de otras formas dunares.

Tanto los taludes externos como internos adquieren superficies cóncavas hacia arriba, mucho más marcadas en los últimos. Las bandas de crestas son fuertemente convexas y achataadas en la culminación. Las pendientes de los taludes externos son altas: 22-30°, pero menores que las internas: 28-42°, mientras que el fondo de la depresión, en su mayor parte, es plano o subplano; hacia los extremos, los taludes evolucionan gradualmente hacia ángulos más bajos, enlazando con la pendiente del manto arenoso externo o con la depresión.

Solamente se originan en áreas con aporte arenoso inducido por el viento, donde existe un cierto grado de humedad y vegetación, tanto en bordes costeros marinos como en zonas continentales.

2.—Los tamaños más gruesos aparecen en la depresión, donde, además, pueden quedar depósitos residuales lag, por lavado eólico de los

finos; algo menos gruesos se depositan en los taludes de barlovento, especialmente en las zonas que miran a la depresión; los más finos se instalan selectivamente en las crestas. Las peores clasificaciones se reparten por la depresión y las mejores en la cresta, seguidas de las de los bordes de sotavento. Las menores asimetrías se dan en la depresión, siendo variables en barlovento y sotavento, con registros más altos en este último. Las angulosidades mayores (curvas más picudas) están en la depresión, seguido de la cresta; son muy variables en barlovento y sotavento, particularmente en este último.

De una forma global, las arenas de estas dunas blowout son de grano fino, excelentemente clasificadas, con fuerte decantación de finos (Asimetrías claramente positivas) y curvas con tendencia a picudas. Esto está de acuerdo con las características texturales de los depósitos trabajados por el viento sobre granulometrías arenosas inicialmente de grano medio y fino.

3.—Predominan estratificaciones planares tabulares y en cuña a mediana y gran escala, de bajo y alto ángulo, en este caso favorecidas por la humedad ambiental; corresponden fundamentalmente a taludes de barlovento y frentes de avalancha. Los sets se disponen erosivamente unos sobre otros. Las láminas son rectas, cóncavas o convexas, ocasionalmente tangentes en la base. Cuando las pendientes son pronunciadas se pueden desarrollar estructuras de deslizamiento de pequeña escala. Láminas con concentraciones de minerales pesados se encontrarán en áreas correspondientes a depresiones. La bioturbación radicular, muy frecuente, llegará a borrar parte de la laminación interna.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, reconocer la labor entusiástica de don Vicente Orjales de la Caja Rural de Meirás en pro de la investigación y difusión de los conocimientos sobre la playa y laguna de Frouxeira y su entorno, así como del territorio comprendido dentro del Municipio de Valdovíño.

A don Arturo O'Neill que me prestó su colaboración y apoyo en los trabajos de campo.

Por último, a don Alfonso González del Departamento de Estratigrafía, quien practicó la totalidad de los análisis de laboratorio (granulometrías y calcimetrías).

BIBLIOGRAFIA

Ahlbrandt, T. S. y Fryberger, S. G. (1980).—Eolian deposits in the Nebraska Sand Hills. *U. S. Geol. Sur. Prof. Pap.*, 1.120-A, 1-24.

— (1982).—Eolian Deposits. En: P. A. Scholle y D. Spearing (Eds.). *Sandstone Depositional Environments. The Am. Assoc. of Petrol. Geol.*, 11-47.

- Andrews, S. (1981).—Sedimentology of Great Sand Dunes Colorado. *Soc. of Econ. Paleont. and Mineral.*, Spec. Pub., 31, 279-291.
- Bigarella, J. J. (1972).—Eolian Environments: their characteristics, recognition and importance. En: *Recognition of ancient sedimentary environments*. *Soc. of Econ. Paleont. and Miner.* Spec. Pub., 16, 12-62.
- , Becker, R. D. y Duarte, G. M. (1969).—Coastal dune structures from Parana, Brazil. *Mar. Geol.*, 7, 5-55.
- Bird, E. C. F. (1970).—*Coasts*. The M. I. T. Press., 246 pp.
- Bloom, A. L. (1978).—*Geomorphology, a systematic analysis of Late Cenozoic landforms*. Prentice-Hall, Inc., 510 pp.
- Cooper, W. S. (1967).—Coastal Dunes of California. *The Geological Society of America. Memoir 104*, 131 pp.
- Flor, G. (1981).—Los parámetros texturales en las playas y dunas arenosas del borde occidental del Cabo Peñas (Xagó y Verdicio, Asturias). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 79, 89-102.
- (1981).—Las dunas eólicas costeras de la playa de Xagó (Asturias). *Trabajos de Geología*, 11, 61-71.
- , Marquínez, J. y O'Neill, A. C. (1983).—El complejo de dunas eólicas de la playa de Frouxeira (Meirás-Valdoviño, La Coruña). *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 6, 155-187.
- Folk, R. L. y Wand, W. C. (1957).—Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.*, 27, 3-26.
- Glenn, M. (1979).—Glossary. En: *A Study of Global Sand Seas*. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 1.052, 399-407.
- Goldsmith, V. (1978).—Coastal Dunes. En: R. A. Davis, Jr. (Ed.). *Coastal Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, 171-235.
- Hack, J. T. (1941).—Dunes of western Navajo Country. *Geog. Rev.*, 31, 240-263.
- Landsberg, S. Y. (1956).—The orientation of dunes in Britain and Denmark in relation to the wind. *Geog. J.*, 122, 176-189.
- McKee, E. D. (1966).—Structures of dunes at white Sands National Monument (and a comparison with structures of dunes from other selected areas). *Sedimentology*, 7, 1-69.
- (1979).—Introduction to A study of global sand seas. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper*, 1.052, 1-19.
- y Bigarella, J. J. (1979).—Sedimentary structures in dunes, with two sections on the Lagoa dune field, Brazil A study of Global Sand Seas. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper*, 1.052, 83-134.
- O'Neill, A. C. (1983).—*Estudio geológico y sedimentológico del arenal y Cabo Frouxeira*. Proyecto fin de carrera (no publicado), E. T. Sup. de Ing. de Minas. Universidad de Oviedo.
- Pérez-González, A. (1982).—El Cuaternario de la región central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos morfológicos. *I Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero (Salamanca, 1979)*. *I.G.M.E.*, Parte II, 717-740.
- , Aleixandre, T., Pinilla, A. y Gallardo, J. (1983).—El paisaje eólico de la llanura aluvial de San Juan (Llanura Manchega Central). *VI Reunión de Grupo Español de Trabajo de Cuaternario. Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 5, 631-656.
- Seppala, M. (1971).—Evolution of eolian relief of the kaamasjoki-kiellajoki rivers basin in finnis lapland. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Turkuensis*, 54, 4-88.
- Smith, H. T. U. (1940).—Geological studies in south western Kansas. *Kans. State Geol. Survey Bull.*, 34, 159-164.
- (1954).—Coastal dunes. *Coastal Geog. Conf.*, Feb. 1954, Off. Naval Res., 51-56.
- (1965).—Dune morphology and chronology in Central and Western Nebraska. *Jour. Geol.*, 73 (4), 557-578.
- Strahler, A. N. y Strahler, A. H. (1978).—*Modern Physical Geography*. John Wiley & Sons, 502 pp.
- Tricart, J. y Cailleux, A. (1969).—*Le Modelé des régions sèches*. *Traité de Géomorphologie*. Tome IV. Sedes. Paris, 472 pp.
- Van Dieren, J. W. (1934).—Organogene Dunenbildung. *Nijhoff, den Haag*, 140 pp.
- Vanhouten, J. (1939).—De oppervlaktevormen van het Haagsche duinlandschap. *Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen.*, 56, 1-50.
- Van Straaten, L. M. J. U. (1963).—Aspects of Holocene Sedimentation in the Netherlands. *Transac. of the Jub. Convent. Geologische Serie*, (21-1), 149-172.