

EROSION EOLICA. VALORACION EXPERIMENTAL

J. Quirantes Puertas*

RESUMEN

La erosión eólica de los suelos puede valorarse bajo diferentes puntos de vista. Todos ellos coincidentes en sus objetivos, pero diversos y complementarios en sus procedimientos y formas.

La valoración experimental cuantifica los procesos erosivos mediante el análisis y medición de determinadas características físicas y químicas del suelo. Centrándonos en las primeras, el análisis de la textura de las formaciones superficiales y la interconexión entre sus componentes nos dará unas características que permitirán valorar la erodibilidad del suelo.

Para obtener unos índices estimativos de erodibilidad se han estudiado fundamentalmente las arcillas y los limos, que junto con el contenido en gravas nos darán las valoraciones investigadas. Aunque las gravas proporcionan resultados orientativos difícilmente extrapolables.

AEOLIC EROSION. EXPERIMENTAL ASSESSMENT

SUMMARY

Aeolic erosion of soils can be rated from different points of view. All of them are coincidental in their goals but diversified and complementary in their proceedings and forms.

Experimental assessment quantifies the erosive processes by the analysis and measurement of certain physical and chemical characteristics of soils. Zeroing in on the former, the analysis of surface formations' texture and interconnection among its components will give us some features which will allow an assessment of soil erodibility.

In order to obtain some erodibility estimation indexes, clay and silt contents have been fundamentally studied; together with the gravel content, it'll give us the assessments we searched for. Even though gravel gives only orientative results.

1. Erosión eólica. Efectos

Generalmente se asocia la erosión eólica, en su aspecto externo, con las tempestades de polvo; pero en realidad este hecho representa algo patente y visible aunque de significación localista y no demasiado trascendental en el área del LUCDEME. Los daños que origina quedan reducidos a molestias temporales que inciden tanto en el hombre y los animales como en la vegetación.

En el SE español los efectos básicos de la erosión eólica son los siguientes:

A. *Los efectos superficiales* de la acción de los vientos y por ende de la erosión que determinan, conllevan en ocasiones acciones superficiales importantes para los cultivos; siendo la fase de plántula la que más acusa estas acciones, no sólo por la arena transportada que puede dañarla sino también porque se arranca la tierra y

deja al descubierto el sistema radicular o las semillas sin germinar. Junto a esto habría que sumar el recubrimiento de pastos y sembrados que en otras regiones es de gran trascendencia, llegando a producir en los cultivos daños superiores a los que origina la erosión de tipo hídrico.

En conjunto los efectos superficiales de la erosión eólica pueden contrarrestarse o remediarse en la mayoría de los casos.

B. Como *efectos edáficos* de los vientos podríamos entender las acciones que alteran, destruyen o transforman las texturas de los suelos. El viento arranca y transporta limo, arcilla y materia orgánica fundamentalmente, dejando «in situ» las fracciones mayores del suelo; de esta forma queda más arenoso y por tanto más susceptible a la erosión, a la vez que se han eliminado los materiales básicos (desde el punto de vista de la productividad y de la retención de las aguas).

* C.S.I.C. Estación Experimental del Zaidín (Granada).

Los efectos edáficos suelen ser irreversibles o de difícil y costosa solución.

C. Un tercer grupo de *efectos secundarios* se suma a los antes enumerados. Así p. ej. es posible el transporte de materiales salinos, principalmente yeso y sales de sodio hacia zonas de cultivos, contribuyendo a salinizar los suelos en que se asientan. Otro caso similar es la pérdida del contenido en fósforo que llega a producir alteraciones serias en los suelos.

También podemos citar como efectos secundarios y que en su momento pueden ser trascendentes: la incidencia directa del viento sobre la vegetación, dañándola o arrancándola; la desecación de los suelos; el transporte de materiales y el aterramiento de áreas agrícolas e industriales; inutilización de cercas; transporte de semillas e insectos perjudiciales; plagas, etc., etc.

En conjunto, los efectos determinados por la erosión eólica, conducen a una degradación paulatina de los recursos edáficos y a una alteración lenta pero continuada del medio ambiente.

Llaman la atención como decíamos al principio algunos hechos espectaculares como las tempestades de polvo, pero la realidad es bien distinta: la concatenación de acciones puntuales, aisladas e intensas, con otras menos enérgicas aunque constantes a lo largo del tiempo. Todas conducen a alteraciones profundas del paisaje con zonas inservibles para la agricultura o al menos difíciles de rescatar. Zonas que constituyen una amenaza para las áreas colindantes y que pueden conducir a procesos irreversibles de la degradación del suelo.

II. Valoraciones

La valoración, tanto cualitativa como cuantitativa, de la erosión eólica puede realizarse bajo diferentes puntos de vista. Todos ellos coincidentes en sus objetivos, pero diversos y complementarios en sus procedimientos y formas.

La apreciación cualitativa parte y se desarrolla en las observaciones de campo, pero siempre ha de estar implementada con la valoración estimativa y comparativa de las diversas áreas estudiadas. Al tratar de cuantificar los fenómenos observados, los métodos de trabajo difieren notablemente: puede perderse la apreciación global del conjunto y la estimación cartográfica, pero se gana en precisión aunque sólo sea puntual.

Los sistemas de valoración que hemos utilizado en nuestros trabajos se agrupan en tres apartados principales: valoración directa, valoración paramétrica y valoración experimental.

Valoración directa. Se centra en los estudios de campo y en el análisis de ciertos factores, índices y variables que pueden detectarse directamente en el campo, sin necesitarse ninguna experimentación especial.

Valoración paramétrica. Fundamentada en datos de campo y en resultados experimentales, basa sus determinaciones en el empleo de índices y fórmulas que permiten un conocimiento cuantitativo, o al menos aproxima-

mado, de los fenómenos de degradación originados por el viento.

Valoración experimental. La cuantificación de los procesos erosivos tiene como base la medición y el análisis de determinadas características físicas y químicas del suelo. Sus resultados complementan las otras valoraciones antes reseñadas y aunque el resultado final sólo sea estimativo permitirá un conocimiento bastante preciso de las áreas estudiadas, diferenciándolas entre sí.

Una cuarta vía, también experimental, sería el planteamiento **sobre el terreno** de fenómenos similares a los determinados por el viento. El empleo de simuladores de viento, la utilización de túneles y la recogida de muestras forman parte de esta vía de experimentación.

II.1. Valoración experimental

Ya hemos aludido a dos tipos de valoraciones experimentales para cuantificar la erosión eólica: análisis de características físicas y químicas de los suelos, y el empleo de simuladores de viento para medir la erodibilidad.

Centrando nuestra atención en el conocimiento analítico del suelo, hemos seleccionado dos vías de datos. Por la primera se investiga la textura de las formaciones superficiales, y por la segunda ciertos elementos químicos presentes en su composición.

11.2. Textura y estructura de suelos

La estructura de los suelos puede alterarse con bastante facilidad cuando algunos de los factores que la definen sufren modificaciones. Estos cambios pueden incidir, directa o indirectamente, en las respuestas de los suelos ante los agentes externos que actúan sobre ellos; siendo muy significativa dicha respuesta en el caso concreto de la *susceptibilidad* ante los fenómenos erosivos.

Considerada y definida la textura de los suelos por el contenido en arcillas, **limos** y arenas, el análisis porcentual de estos componentes y la interconexión entre los mismos nos dará unas características específicas del suelo. Cualquier tipo de suelo tendrá unas propiedades determinadas, y a su vez una respuesta concreta ante los agentes externos: estas características se convierten en un indicador válido p. ej. para la estimación de la *erodibilidad* de las formaciones superficiales y suelos.

Basándonos en las consideraciones antes apuntadas, hemos realizado el análisis mecánico de los suelos de un amplio sector del SE español que comprende unos 35.000 km². El total de muestras tomadas es próximo al millar y los análisis se efectuaron por partida doble: con uso de dispersante y sin usarlo.

A continuación se valoran las posibles pérdidas de suelo originadas por la acción del viento; dichas valoraciones se efectúan considerando aisladamente los elementos que definen la textura. Aunque esta toma de posición no es totalmente correcta, ya que la realidad concatena los porcentajes de arenas, limos y arcillas, y

EROSION EOLICA. VALORACION EXPERIMENTAL

su estudio debiera hacerse simultáneamente para poder valorar la erodibilidad de los suelos.

Aquí se han estudiado fundamentalmente las arcillas y los limos, junto con el contenido en gravas: si bien estas últimas proporcionan resultados orientativos difícilmente extrapolables.

III. Arcillas

Es perfectamente conocida la existencia de una relación estrecha entre el contenido de arcilla y la erosión de las formaciones superficiales (suelos s. l.). En realidad no es sólo la arcilla la que interviene en esta relación, también desempeñan un importante papel las fracciones de suelos con tamaños inferiores a 0'42 mm de diámetro.

Si el contenido en arcilla oscila p. ej. entre el 20 y el 30% el porcentaje de fracciones menores a 0'42 mm disminuye considerablemente y, al faltar éstas, la erosión eólica puede frenarse o ser menos acentuada. Este hecho está contrastado experimentalmente para suelos que presentan más de un 12% de contenido en arcilla. Por contra, cuando el porcentaje de arcilla se sitúa por debajo del 12%, la erosión se acelera de una forma progresiva; otro tanto ocurre al rebasar el tope antes mencionado del 30%, ya que hay de nuevo una aceleración en la erodibilidad aunque motivada por otras razones.

III.1. Cálculo de la erodibilidad

De las fórmulas empleadas actualmente para establecer la relación existente entre erodibilidad y contenido en arcillas, quizá la más representativa es la que definió Chepil en 1953. Aunque se han introducido modificaciones a la fórmula propuesta, la realidad es que no han sido perfectamente contrastadas, siendo esta la razón que nos impulsa a utilizarla en su definición primitiva.

Chepil propugnó su ecuación en los siguientes términos:

$$q = ax^{bc}$$

q = erosión en toneladas por hectárea

x = porcentaje de arcilla

a, b, c = constantes con valores 11'8, 5'1 y 0'09 respectivamente.

III.2. Análisis del contenido en arcillas

Efectuando el análisis mecánico de las muestras, el primer problema que se planteó fue la expresión cartográfica de las determinaciones analíticas y el posterior estudio de los resultados obtenidos.

Contrastando las cifras obtenidas en el análisis de porcentajes de arcillas en suelos, se optó por diferenciar seis grupos de muestras:

- A. Más de 13'25% de arcillas
- B. 7'13 a 13'25% de arcillas

C. 5'50 a 7'13% de arcilla

D. 4'55 a 5'50% de arcilla

E. 3'50 a 4'55% de arcilla

F. Menos de 3'50% de arcilla

La elección de estos límites, como después se verá, viene dada por su correspondencia con la altura de suelo degradado (mm/año). Gráficamente se representan estos grupos mediante signos perfectamente diferenciados.

Partiendo de la cartografía dibujada con estos signos, se han podido delimitar unas áreas que engloban grupos de muestras con porcentajes próximos o equivalentes. Cuando en alguna de las áreas aparecía un valor muy diferente, no se tomaba en consideración, ya que se ha tratado de evitar una fragmentación desmesurada de los distintos sectores.

III.3. Cartografía

Como medida de erodibilidad se ha tomado la pérdida en mm/año, en lugar del clásico toneladas/hectárea/año.

A tenor de los seis grupos de porcentajes de arcillas se ha elegido el mismo número de intervalos cartografiables. Una vez efectuada la cartografía, se ha optado por efectuar una reducción del número de intervalos y los hemos circunscrito a tres; esta reducción tiene como objeto simplificar el número de manchas o sectores que después han de sumarse con los que se obtengan en la cartografía de limos.

Los intervalos cartografiados han sido los siguientes:

PERDIDAS EN mm/AÑO	% ARCILLAS	INTERVALO
menos de 0'1 0'1 a 0'3	más de 13'25 7'13 a 13'25	1
0'3 a 0'5 0'5 a 0'7	5'50 a 7'13 4'55 a 5'50	2
0'7 a 1 más de 1	3'50 a 4'55 menos de 3'50	3

Estos nuevos intervalos obtenidos quedarían por tanto agrupados en:

PERDIDAS EN mm/AÑO	% DE ARCILLAS
menos de 0'3 0'3 a 0'7 más de 0'7	más de 7'13 4'55 a 7'13 menos de 4'55

IV. Limos

El contenido en limo de los suelos también representa un factor determinante en la erodibilidad de los mismos. El porcentaje de limos corre parejo con la proporción de elementos menores de 0'42 mm; a mayor contenido en

limo, menor cantidad de elementos de la fracción inferior a 0'42 mm y por tanto también será menor la erodibilidad.

Estas expresiones en realidad no son tan simples, pues p. ej. el contenido en arcillas influye y se solapa con la acción de los limos y del resto de las fracciones finas.

La característica fundamental (o al menos de las más influyentes) determinada por la presencia de limos, es el grado de aterramiento que se produce en los suelos. El aterramiento está estrechamente vinculado con las otras fracciones finas y por tanto con el grado de erodibilidad de las mismas.

IV.1. Cálculo de la erodibilidad

Como norma general podría admitirse que un aumento en el contenido de limos en los suelos, conduce a una disminución del fenómeno erosivo. Cabría diferenciar cuatro grados erosivos según el porcentaje de limos.

Grado A, más de un 50% de limos: Cuando el contenido en limos desciende hasta el 50%, el aumento de la erosión es apenas perceptible.

Grado B, 30 a 50% de limos: Al descender el porcentaje en limos hasta el 30%, la erodibilidad aumenta algo más; pero se trata de un incremento poco significativo.

Grado C, 15 al 30% de limos: Al descender del 30 al 15% el contenido en limo de los suelos, la susceptibilidad de éstos a la erosión se acelera considerablemente, llegando a triplicarse al alcanzar el 15%.

Grado D, menos del 15% de limos: Al disminuir el porcentaje de limos por debajo del 15% y reducirse al 5%, el incremento de la erodibilidad aumenta considerablemente. Con un 15% toma valores próximos a las 5 Tm/Ha, pero con un 5% éstos alcanzan los 30 Tm/Ha.

IV.2. Análisis del contenido en limos

Los resultados analíticos se han elaborado de una manera similar a la anteriormente descrita para las arcillas. También se han diferenciado seis grupos de muestras, y la representación cartográfica se ha realizado tal como describimos en el capítulo de las arcillas.

Los grupos de muestras delimitados son los siguientes:

- A. Más del 70% de limos
- B. 43 al 70% de limos
- C. 31'6 al 43% de limos
- D. 25 al 31'6% de limos
- E. 21'6 al 25% de limos
- F. Menos del 21'6% de limos.

La elección de estos límites también se ha efectuado en correspondencia con la altura de suelo erosionado (mm/año) o susceptible de erosionar.

IV.3. Cartografía

Tanto en la cartografía del contenido de limos en las

muestras como en la de áreas con igual porcentaje, se han seguido las normas antes descritas para las arcillas. Los intervalos adoptados son los que se describen en el cuadro siguiente:

PERDIDAS (mm/AÑO)	% DE LIMOS	INTERVALO
menos de 0'1 0'1 a 0'3	más de 70 43 a 70	1
0'3 a 0'5 0'5 a 0'7	31'6 a 43 25 a 31'6	2
0'7 a 1 más de 1	21'6 a 25 menos de 21'6	3

Estos seis intervalos también se han reducido a tres al igual que se hizo en la cartografía de arcillas.

PERDIDAS (mm/AÑO)	% DE LIMOS	INTERVALO
menos de 0'3 0'3 a 0'7	más de 43 25 a 43	1 2
más de 0'7	menos de 25	3

V. Arcillas y limos

Las erodibilidades obtenidas tanto en limos como en arcillas han sido calculadas considerando ambos componentes como entes aislados. La tarea inmediata es aunar ambos componentes y tratar de sumar sus respectivas erodibilidades.

La suma obtenida no sigue una correlación directa y no debemos considerarla como la erodibilidad exacta de los suelos; estamos ante una aproximación, y como tal hay que considerarla. Otros factores y componentes habrán de ser considerados después: contenido en gravas, arenas, materia orgánica, etcétera.

V.1. Análisis cartográfico y cartografía

Los intervalos o agrupamientos adoptados para limos y arcillas han sido tres, aunque en el análisis cartográfico se consideraban seis; a cada uno de estos intervalos se les ha dado su valor correspondiente: 1, 2 y 3. Si sumamos entre sí los agrupamientos obtendríamos un total de nueve valores: 1+(1,2,3); 2+(1,2,3); 3+(1,2,3) = 2, 3, 4; 3, 4, 5; 4, 5, 6. Estamos, pues, ante cinco valores (2, 3, 4, 5 y 6) que son los que adoptaremos para medir los grados de erodibilidad de la conjunción de limos y arcillas.

Al efectuar la suma de erodibilidad, mediante el uso de mapas, obtendremos igual que antes cinco agrupa-

mientos. De aquí se obtiene el primer boceto de la «erodibilidad eólica de los suelos» del área del Lucdeme.

En la cartografía resultante se dibujan áreas características, perfectamente diferenciadas (fig. 1).

Pero insistimos en que se trata nada más que de los resultados obtenidos con sólo dos variantes (limos y arcillas); a ellos habrá que unir otros factores determinantes.

VI. Gravas

El tercer elemento analizado, en el estudio mecánico de las muestras, ha sido el de las gravas; ya que su presencia en los suelos puede servir como indicador, al menos estimativo, de la erodibilidad de los suelos y de los procesos de degradación que los han afectado.

Es perfectamente conocido que en la erodibilidad de los suelos intervienen los elementos finos; pero también se sabe que dicha erodibilidad está condicionada por el volumen total de las fracciones no erodibles, es decir, fracciones gruesas con diámetros superiores a 0'83 mm.

La erosión eólica que se puede originar varía en razón inversa al volumen de los elementos mayores de 0'83 mm; aunque no es de una manera proporcional. Considerados aisladamente los elementos no erodibles, no es factible hacer cálculos de la erodibilidad de los suelos; pero sí obtener una apreciación cualitativa de los procesos que han sufrido y de los que puedan afectarlos con posterioridad.

VI.1. Análisis cartográfico y cartografía

Los ensayos mecánicos realizados para la determinación de elementos con tamaño mayor al de arenas, se han efectuado por partida doble: utilizando un **dispersante** y no utilizándolo. Con el segundo método se ha obtenido una valoración más completa de las fracciones no erodibles.

Hubiese sido muy conveniente saber los elementos que integran el suelo con un cribado en seco. Así, el conocimiento de la erodibilidad sena más preciso; pero dado el volumen de muestras empleado, hasta ahora no ha sido posible su realización.

Los resultados analíticos se han agrupado en seis intervalos según porcentajes: menos del 20%; 20-30%; 30-40%; 40-50%; 50-60% y más del 60%.

La representación cartográfica se ha realizado siguiendo el método empleado para los elementos antes descritos.

VII. Arcillas-limos-gravas

En la cartografía de erodibilidad con base en arcillas y limos, se han seleccionado cinco tipos de áreas. Al introducir como nuevo integrante las gravas, el número de

agrupaciones se duplica y el resultado final será una asociación de diez elementos.

Los elementos que forman este nuevo agrupamiento los consideramos como grados de erodibilidad y se enumeran en **orden creciente** del uno al diez.

En el mapa obtenido aparece una gran fragmentación de áreas y un número muy elevado de las mismas (fig. 2).

Ante este hecho, hemos optado por un reagrupamiento: las de superficie muy pequeña se han suprimido y las de valores afines se han reunido, con el fin de evitar la atomización de la cartografía.

Comparando los resultados obtenidos y cotejando las dos cartografías de erodibilidad (arcillas-limos y arcillas-limos-gravas), se observa una gran correspondencia entre ambas. Aunque en la segunda hay una mayor concreción de los distintos sectores del Lucdeme, en cuanto a sus grados de erodibilidad.

VIII. Erodibilidad

Hasta ahora sólo se ha tratado uno de los factores que determinan la susceptibilidad de los suelos a ser **erosionados**: textura. No han sido analizados otros factores como p. ej.: humedad, densidad, rugosidad, composición química, etc., aunque se han considerado a la hora de estimar la erodibilidad de las formaciones superficiales (suelos s. 1.).

La amplitud del área estudiada (35.000 km²), la heterogeneidad de la misma y las escalas cartográficas utilizadas (1:400.000) han limitado y condicionado los sistemas de análisis empleados. Cuando hablamos de erosión eólica y de la erodibilidad de suelos, diferenciamos las características estructurales de los mismos de los determinantes químicos y físicos que los condicionan. Estos caracteres estructurales varían con el tipo de análisis empleado; así los análisis mecánicos realizados en seco son más indicativos que cuando se usa la vía húmeda. Otro tanto le ocurre a los cálculos de erodibilidad que aumentan a medida que lo hace la desecación del suelo.

Estamos, pues, ante un entramado de factores y condicionantes que inciden de una forma decisiva en la **erodibilidad de los suelos**. De todos estos factores sólo hemos considerado un **grupo** reducido, pero es quizás uno de los más importantes de cuantos intervienen en el fenómeno erosivo.

El **cálculo realizado para estimar la erodibilidad de los suelos** del SE español se ha centrado en las **cartografías** anteriormente reseñadas. Se trata de apreciaciones y determinaciones cualitativas, pero que nos marcan las respuestas de los suelos ante la acción del viento.

Las cartografías empleadas han sido:

1. Mapa de erodibilidad, basado en la textura de los suelos.

2. Mapa de erodibilidad con base en las determinaciones analíticas de carbonatos, materia orgánica y fósforo. (Que aquí no incluimos.)

En cada una de estas cartografías se han diferenciado

diez grados de erodibilidad; su conjunción proporciona un total de veinte áreas diferenciables. Estas áreas (grados de erodibilidad) originan un mapa extremadamente detallado y con una atomización de manchas elevada.

Ante una base cartográfica 1:400.000 se ha estimado conveniente reducir el número de grados a la mitad, es decir diez. De esta forma el mapa resulta menos complejo y de más fácil apreciación y lectura. En algunas zonas sería conveniente realizar un análisis **cartográfico** más detallado; pero la amplitud de la cartografía nos ha impedido su confección.

Bibliografía

- F.A.O. (1961): «La erosión eólica y medidas para combatirla en los suelos agrícolas.. F.A.O. Núm. 6, núm. 71. Roma 1961, 96 pp.
- GARCÍA SALMERÓN, J. (1967): «Erosión eólica». Ministerio de Agricultura. I.F.I.E. 581 pp. Madrid, 1967.
- QUIRANTES, J. (1987): «Aproximación cualitativa y cuantitativa de los fenómenos de erosión eólica en el SE español» (Granada, Almería y Murcia). Cartografías 1:400.000. LUC-DEME, 1987 (informe inédito).
- ZACHAR, D. (1982): «Soil erosion». Developments in Soil Science 10. Elsevier, 547 pp. New York. 1982.

