

- Concepto de Erosión
- La erosión del suelo
- La erosión hídrica
- Mecanismos de la erosión hídrica
- Factores de la erosión hídrica
- Efectos de la erosión hídrica

- La erosión eólica
- Mecanismos de la erosión eólica
- Factores de la erosión eólica
- Efectos de la erosión eólica
- Los fenómenos nivales y las avalanchas
- La erosión en España
- Cifras de la erosión Española
- Inundaciones en el mediterráneo Español
- La agresión del aire en movimiento
- Bibliografía

1. CONCEPTO DE EROSIÓN

El término erosión proviene del verbo latino erodere, que significa roer. Se refiere al desgaste de la superficie terrestre bajo la acción de los agentes erosivos, siendo los principales el viento y el agua y, en las regiones montañosas, la nieve y el hielo.

2. LA EROSIÓN DEL SUELO

Las rocas, en efecto, se descomponen bajo la acción de los agentes atmosféricos: la temperatura y la lluvia. Las variaciones de temperatura y humedad provocan en ellas dilataciones y contracciones, debidas a la alternancia del hielo y el deshielo o a las variaciones en el contenido de agua. De esta forma determinan su desagregación mecánica. El agua de lluvia, más o menos cargada de gas carbónico y de otros elementos, disuelve, al atravesar la atmósfera y la capa superficial del suelo, una parte de sus elementos minerales. Provoca, por tanto, su alteración química. El resultado de estos dos fenómenos, desagregación mecánica y alteración química, es la disgregación de las rocas que se reducen de tamaño hasta las dimensiones de las arenas, limos y arcillas.

La materia orgánica, producto de la descomposición de los vegetales, se mezcla con los productos que proceden de la descomposición de las rocas. Sobre ellas se ejerce la acción de los microorganismos. Y de esta forma surge el suelo, la capa más externa de la corteza terrestre situada entre la roca no alterada y la atmósfera.

Pero al formarse, el suelo queda expuesto inevitablemente a la acción de los agentes atmosféricos dotados de poder erosivo: el viento y el agua de lluvia. Esta, en particular, cuando cae y escurre tras su caída, arrastra elementos terrosos y provoca su transporte a distancias más o menos grandes.

Este fenómeno constituye la primera fase del proceso mediante el cual se forman y descienden las vertientes y formaciones del terreno, proceso cuyo resultado, a lo largo de los tiempos geológicos, es la evolución de los relieves.

Cuando el fenómeno es normal, se establece un equilibrio. La velocidad de desgaste del suelo es bastante lenta para que su velocidad de formación por descomposición de las rocas compense las pérdidas sufridas. Gracias a la existencia de vegetación, se produce una erosión lenta en el curso de la cual el suelo se mantiene,

una erosión que puede calificarse como geológica o normal.

Pero si existe una ruptura del equilibrio a favor de las acciones erosivas, el fenómeno aquí descrito se acelera enormemente. Una acción acelerada puede producirse desde el principio de la descomposición de las rocas, si éstas son poco resistentes y se desagregan rápidamente en elementos finos fácilmente arrastrables, o cuando en fuertes pendientes el efecto de la gravedad provoca el arrastre inmediato de los productos de descomposición. Pero la erosión acelerada por el viento y el agua es consecuencia, en la mayoría de los casos, de las actividades humanas y adquiere toda su amplitud cuando los suelos están deficientemente explotados por el hombre y cuando se destruye la vegetación. En estas condiciones la velocidad de desgaste sobrepasa a la velocidad de formación, el suelo se hace más delgado, después desaparece y el terreno queda arruinado.

Es a este fenómeno acelerado, en el que la gravedad es tanto mayor cuanto más intensa es la acción de los factores que la provocan, constituyendo la erosión catastrófica.

3. LA EROSIÓN HÍDRICA

Es la producida por el agua, tanto en el aspecto de lluvia, como en el curso que discurre sobre el terreno, e incluso constituye un arroyo, torrente o río.

a) Los mecanismos de la erosión hídrica

El fenómeno de erosión del suelo por el agua se exterioriza bajo dos formas fundamentales cuyo mecanismo varía.

- **Ataque del suelo en superficie.**

Implica dos fases:

Formación de elementos susceptibles de ser arrastrados por el agua.

Arrastre y transporte de estos elementos.

En el curso de estas dos fases intervienen tres acciones:

Acción de las precipitaciones:

El efecto de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo es lo que denomina Ellison erosión por salpicadura:

La gota de lluvia cuando cae a través de la atmósfera sufre cambios en su tamaño, aumentando o disminuyendo por condensación o evaporación.

Descienden por la acción de la gravedad, frenando su caída la resistencia que le ofrece el aire.

Cada gota de agua actúa al golpear el suelo como una pequeña bomba proyectando películas de ese suelo en el aire y arrastrando sustancias solubles.

En las fotografías se muestra el efecto de una gota de lluvia de 6 mm. De diámetro golpeando el suelo al caer desde 2m. De altura.

Acción del hielo y el deshielo

En los períodos fríos, se hiela un cierto espesor del suelo. En este momento, el agua que contiene se extrae de los agregados y cristaliza en forma de hielo en torno a ellos. Al desarrollarse, los cristales de hielo rompen más o menos los agregados, y al deshelarse se libera una masa de elementos finos.

Acción de la escorrentía

La escorrentía se desarrolla desde el momento en que el suelo deja de absorber la totalidad de la lluvia que cae sobre él, siendo responsable e el arrastre de las partículas.

Cuando el agua escurre por la superficie del suelo no es frecuente que lo haga en forma de una lámina continua.

En general, las más pequeñas rugosidades o asperezas del terreno provocan la formación de multitud de venas de agua que escurren aproximadamente siguiendo la línea de máxima pendiente. Estas venas al tener una pues, una capacidad de arrastre y una potencia bruta de transporte de partículas sólidas.

• Ataque del suelo en su perfil.

En la forma de erosión estudiada las partículas de tierra, separadas las unas de las otras, son arrastradas por el agua de escorrentía, siendo el caso más frecuente.

Pero existen circunstancias en las cuales el suelo puede ser desplazado en un movimiento en masa.

El agua continúa siendo el origen de este movimiento, pero el arrastre de la tierra se efectúa según mecanismos en los cuales la fuerza de gravedad juega un papel esencial.

La primera causa que provoca un movimiento en masa es la socavación del suelo en su parte inferior. La parte superior queda desequilibrada y se desmorona.

La segunda circunstancia, no menos importante, es la que resulta, en medios de relieve acentuado, de la saturación de una capa de suelo por encima de un horizonte impermeable más o menos profundo.

b) Los factores de la erosión hídrica

Las precipitaciones atmosféricas constituyen el agente causal y el factor preponderante de este fenómeno.

La naturaleza del suelo, el relieve, la vegetación y el hombre constituyen por su parte un conjunto de factores que condicionan el fenómeno de la erosión hídrica.

Precipitación: al considerar la precipitación en el espacio y tiempo aparece como unidad natural el aguacero. La intensidad, duración y frecuencia de los aguaceros son las características de la precipitación de mayor significado en la erosión. El producto de la intensidad y duración define la abundancia.

Suelo: la cantidad de tierra desplazada por la percusión de las gotas de lluvia es tanto más grande cuanto más susceptibles sean las partículas a disgregarse.

Relieve: la erosión hídrica acelerada, prácticamente no existe en zonas llanas, siendo únicamente en suelos de pendiente donde la percusión del as gotas de lluvia y la acción del flujo superficial llegan a ejercer efectos considerables.

Vegetación: la influencia de la vegetación, obedece a diferentes causas, siendo las fundamentales:

El hombre: el hombre condiciona la erosión del suelo, ya que extrae de éste sus medios de subsistencia. La humanidad, en constante crecimiento, ha acentuado su presión sobre los terrenos, transformándolos progresivamente. Prácticas culturales inadecuadas han conducido en muchas regiones a desgastes tanto más importantes cuanto más susceptible es el medio a la erosión. Tres acciones nefastas deben tenerse en cuenta: la destrucción de los bosques, el abuso de los pastizales y las malas prácticas agrícolas.

c) Los efectos de la erosión hídrica

Los dos modos de actuar del agua sobre el suelo definen las dos formas de erosión fundamentales:

a. Arranque de partículas y su transporte por la escorrentía.

b. Movimiento en masa del suelo.

1.- Erosión laminar: resulta de la disgregación de los elementos constitutivos del suelo por la lluvia y el escurrido, y de un flujo superficial, relativamente homogéneo en el espacio, del agua que mantiene en suspensión o arrastra los elementos terrosos arrancados.

2.- Erosión en regueras: consiste esencialmente en el arrastre de partículas del suelo por el agua, siguiendo los pequeños surcos que aparecen sobre la superficie topográfica perpendicularmente a las curvas de nivel.

3.- Erosión en barranquera: si la reguera se profundiza se origina una barranquera. ahora bien, en zonas climáticas de estaciones bien definidas, los barrancos se forman desde un principio, a causa de la violencia de la precipitación. En todos los casos la forma de la erosión es la misma. El agua excava en el suelo un canal por el que circula el agua. Este canal sólo funciona intermitentemente por lo que su fondo desciende, alcanza primeramente los horizontes inferiores del suelo y después la roca madre, y al mismo tiempo sus bordes se extienden constituyéndose un barranco. Su forma original es en V.

La erosión en barrancos es una forma culminante de los procesos de destrucción del suelo.

4.- Corrientes de fango: la acción más simple que puede ejercer el agua en el interior del suelo es la saturación de un horizonte superior, después de precipitaciones muy abundantes. Si el suelo está desnudo o si la vegetación no sujeta suficientemente, una masa de tierra es susceptible de transformarse en un fluido viscoso.

Este estado fangoso puede ser también producido, por la fusión de la nieve y sobre todo, la alternancia del hielo y el deshielo que es el origen de la solifluxión.

5.- Deslizamientos: cuando el agua se infiltra, puede ejercer una acción más compleja. Al encontrar un nivel impermeable, se detiene y crea un plano sobresaturado, lubricado sobre el que se deslizan los materiales, al ser superior la componente de las fuerzas en la dirección del movimiento al rozamiento.

6.- Reptación: es un movimiento por tirones, lento e imperceptible, de una delgada película superficial del suelo en el sentido de la pendiente. Sus causas son extremadamente variables: alternancia de humectación-desección, pisoteo por parte del ganado, crecimiento de raíces o excavación de agujeros por los animales que pueden ocasionar una serie de movimientos minúsculos de las partículas terrosas.

7.- Erosión en túnel: la formación de flujos subterráneos, o la existencia en el subsuelo de grandes cantidades de constituyentes solubles que por disolución dejan cavernas, pueden ser causa de esta forma de erosión que se manifiesta por hundimientos y deslizamientos.

8.- **Hundimientos:** como consecuencia de las causas ya citadas se produce un desequilibrio en las masas terrosas al ser minadas en su base. El suelo disminuye de espesor y a veces desaparece.

4. LA EROSIÓN EÓLICA

Aunque no se le atribuye generalmente un carácter de gravedad más que en las regiones áridas y semiáridas, la erosión eólica puede manifestarse en cualquier lugar siempre que se den ciertas condiciones favorables como: el suelo mullido, seco y desmenuzado; la superficie del suelo es llana y suficientemente extensa en la dirección del viento; la vegetación está ausente o es escasa, y el viento es lo suficientemente fuerte como para provocar un movimiento de las partículas del suelo.

a) Los mecanismos de la erosión eólica

El arrastre de las partículas sólidas por el viento depende estrechamente de la estructura del viento en la proximidad del suelo; el microrrelieve produce movimientos en remolino en todas las direcciones que poseen velocidades variables

- **Arrastre de las partículas en reposo.**

El aire ejerce sobre una partícula en reposo tres tipos de presiones:

Una presión positiva sobre la parte situada frente a la dirección del viento y debida a la presión dinámica del fluido.

Una presión negativa sobre la parte opuesta a la dirección del viento y debida a las fuerzas de viscosidad.

La suma de estas dos presiones constituye el arrastre total dirigido paralelamente a la dirección media del viento.

Una presión negativa que actúa sobre la parte superior de la partícula y es debida a que la diferencia del viento entre la base y la parte superior de la partícula va acompañada de una disminución de la presión estática. Su resultante es una fuerza dirigida hacia arriba.

La erosión eólica empieza cuando esta fuerza es igual o superior al peso de las partículas del suelo.

La fuerza y el arrastre totales son función de la velocidad del viento y se comprende que exista, para un suelo determinado, una velocidad umbral del viento que inicie la erosión. Esta velocidad es función de la dimensión de las partículas, de su densidad y de su cohesión.

- **El movimiento de reptación.**

Las partículas demasiado pesadas para ser elevadas pueden, sin embargo, ser puestas en movimiento por el impacto de las partículas que saltan, entonces son empujadas hacia la superficie del suelo.

- **El movimiento en suspensión.**

Cuando una partícula en agitación choca contra el suelo, puede hacer rebotar las partículas pulverulentas que emergiendo en la zona turbulenta, pueden elevarse a grandes alturas por corrientes ascendentes y quedar en suspensión. Es así como se forman las nubes de polvo que alcanzan frecuentemente alturas del orden de 3.000 a 4.000 metros.

b) Los factores de la erosión eólica

La velocidad del viento representa el factor creador de la erosión eólica. Se ha estimado que el factor crítico de la velocidad para el arrastre de partículas cuyo diámetro equivalente está comprendido entre 0,1 y 0,5 mm. se cifra en 15 km./hora a 15 cm. del suelo.

Existen dos factores que condicionan, por su parte, la importancia del fenómeno: la vegetación y la naturaleza del suelo.

La vegetación, en efecto, condiciona su propia existencia puesto que la erosión eólica no puede desencadenarse más que sobre suelos desnudos. Su intensidad está regulada en gran parte por la naturaleza del suelo.

Una tierra arcillosa, o incluso simplemente de composición media, en las arenas están ligadas por cementos arcillosos y húmicos, y que se presenta en terrones estables, será menos susceptible que una tierra fina.

c) Los efectos de la erosión eólica

Como todo fenómeno de erosión, la erosión eólica se caracteriza por la ablación, el transporte y el depósito de elementos sólidos.

El viento arrastra a grandes distancias los elementos más finos: coloides arcillosos y húmicos y limos. Arrancados a los terrenos cultivados pueden representar una pérdida importante en elementos fertilizantes.

La naturaleza de la superficie del suelo sometida al ataque eólico influye sobre las formas que aparecen:

En los terrenos arcillosos atravesados por un viento cargado de partículas, arenosas en particular, aparecen en el sentido del viento surcos paralelos separado por crestas en las cuales se excavan escotaduras de formas raras.

Sobre un suelo de granulometría heterogénea, los elementos gruesos se concentran por desaparición de los elementos más finos. En los casos extremos, predomina una acumulación de guijarros.

En un terreno arenoso seco, cuando el viento sopla a una velocidad suficiente, se forman una serie de arrugas más o menos perpendiculares a la dirección dominante del viento. Cuando la superficie arenosa es muy extensa, se forman dunas.

5. LOS FENÓMENOS NIVALES Y LAS AVALANCHAS

Las nevadas invernales son una de las características principales de los climas de montaña. La nieve obedece naturalmente a la acción de la gravedad y da lugar:

A desplazamientos muy lentos, que afectan a grandes extensiones, pero limitados en su trayectoria; es la reptación de las nieves.

A desplazamientos bruscos pero localizados, sobre recorridos más o menos largos, son las avalanchas.

Unos y otros producen fenómenos de erosión. Estos pueden ser insignificantes, pero son a menudo importantes y se observan desgastes en los bosques, incluso la destrucción de repoblaciones. Los árboles desarraigados son arrastrados y obstruyen los lechos torrenciales. Se producen fenómenos de solifluxión, arrancamientos, y la destrucción de céspedes a grandes altitudes, agravándose la erosión torrencial. La nieve y las avalanchas constituyen sobre todo obstáculos a veces muy graves para la vida rural en montañas, un peligro para la circulación invernal y una amenaza constante para las vías de comunicación y los centros habitados, sin contar las pérdidas considerables de ganado y de vidas humanas.

Un estudio profundo de las condiciones de las nevadas en montaña, de las formas de caída, del asiento y de la fusión de la nieve, e decir, de la evolución en el tiempo del manto de nieve, es la base de los métodos de protección contra las avalanchas.

Se ha establecido una clasificación internacional de la nieve basada en las propiedades que se pueden medir y observar directamente.

Esta clasificación distingue: la nieve que cae, los depósitos sólidos y la nieve acumulada.

Clasificación de las avalanchas:

- Según el mecanismo de desencadenamiento:
 - Avalanchas de nieve sin cohesión.
 - Avalanchas de placas de nieve.
- Según la manera en que se presentan en la zona de deslizamiento:
 - Avalanchas de fondo.
 - Avalanchas de nieve pulverulenta.

6. LA EROSIÓN EN ESPAÑA

Si en nuestro país podemos hablar de desiertos y, con más propiedad, de procesos agudos de desertización, ello se debe esencialmente a las distintas formas de erosión que sufren los suelos de las distintas regiones.

La superficie española sólo tiene un 25 por 100 del total cubierta por árboles; y una buena parte de estas zonas está formada por bosques muy adhesados, con pocos árboles, lo que supone una muy inadecuada protección del suelo. La erosión lo tiene, pues, bastante fácil, especialmente si consideramos la orografía nada simple de nuestro país y la climatología extremada tanto a lo largo del día como del año. Conviene recordar el papel esencial que desempeñan en la erosión hídrica las pendientes de los montes; cuando carecen del imprescindible arbolado defensor, las laderas son presa fácil de las aguas de escorrentía, que descienden por torrenteras, barrancos y pendientes, arrastrándolo todo a su paso. No es, pues, extraño que perdamos anualmente más de mil millones de toneladas del mejor suelo posible, el superficial y más fértil. Nos cabe el dudoso honor de ser el país europeo en el que la erosión presenta características más graves, según los organismos especializados de la ONU.

El suelo no sólo es destruido o degradado, sino que al ser trasladado por las aguas acaba provocando aterramientos e inundaciones que engullen vegas y poblaciones, rellenan embalses y destrozan las vías de comunicación. Cuando no provocan decenas de víctimas mortales al año...

a) Cifras de la erosión española

En España el 30% de la superficie total del país sufre fenómenos de erosión del máximo nivel, y que otro 45% sufre una erosión entre moderada y fuerte, con grave riesgo de agravación inmediata. Sólo una cuarta parte del territorio nacional está libre de erosión o la sufre en grado escaso.

Las provincias de Almería, Murcia, Granada y Alicante sufren en buena parte de su territorio (en Murcia rebasa el 75%) procesos muy graves de erosión. En esas regiones se ha medido, en terrenos con cultivos de vid y almedros, una pérdida de suelo de algo más de 500 toneladas por hectárea con lluvias intensas del orden de 60 litros por metro cuadrado y hora. Todos los otoños, sin excepción, se producen en las regiones mediterráneas, y a veces también en el norte y en el centro, entre dos y diez situaciones de gota fría

potencialmente peligrosa.

Los expertos de la Comunidad Europea estiman que la superficie cultivable mínima para permitir el sustento de la población de un país desarrollado es de 0,6 hectáreas per cápita. Actualmente, España está al límite de esa cifra, y muchas de sus regiones muy por debajo.

El arrastre del suelo no sólo se lleva al mar la mayor parte del recurso agrícola máspreciado, la tierra cultivable, sino que también va rellenando los pantanos, especialmente los de mayor superficie. Es difícil estimar la disminución de la capacidad de las grandes presas, pero es indudable que al menos en 800 pantanos españoles, con una capacidad total superior a los 45.000 hectómetros cúbicos, se está produciendo este rellenado de su fondo. En algunos, el problema se ha hecho muy grave; tal es el caso de los embalses de Almansa, Tibi, Níjar y otros de la vertiente mediterránea.

b) Inundaciones en el mediterráneo español

El espectacular efecto de las graves inundaciones, a las que el mediterráneo español es tan proclive en otoño, golpea mucho nuestras conciencias.

La erosión debida a las aguas constituye un problema grave allí donde el conjunto del suelo, el agua superficial y el clima proporcionan un sistema agrícola y ganadero adecuado, adaptado a un ritmo estacional prácticamente inmutable. Precisamente porque las consecuencias de la erosión pueden ser especialmente trascendentes para dichas actividades básicas.

En la huerta de Valencia ha habido en el otoño invierno 87-88 graves inundaciones en la zona de Carcagente, algo que suele ocurrir con más frecuencia de lo normal. Esos cultivos son antiguos, fueron instalados por los árabes; sin embargo, se encuentran en una zona muy poco favorable, ya que han ido invadiendo los lechos de los ríos que llevan al mar las aguas que se acumulan en la serranía del interior con ocasión de los aguaceros típicos del otoño. Lo que ocurre es que en la época de los árabes, la zona que estaba ocupada por la huerta, especialmente en las laderas de los montes próximos, poseía una abundante vegetación que servían de eficaces aliviaderos de la tensión acumulada en muy poco tiempo. Y así, los lechos de los ríos, con un ligero encauzamiento, pocas veces se desbordan, con el resultado de que por una parte se usaba la tierra más fértil para la huerta y, al mismo tiempo, se evitaba su inundación periódica.

Hoy día, en cambio, los montes que rodean a la planicie huertana de Valencia están desnudos de vegetación y muestran en su superficie las mordeduras de la erosión. El terreno de los montes se ha ido desplazando hacia la huerta, anegando cauces, igualando la superficie aguas abajo y posibilitando, sobre todo, la evacuación de las lluvias intensas por toda la zona, y no sólo por ciertos lechos preestablecidos.

Lo cual requiere, urgentemente, dos tipos de actuaciones: por una parte, reencauzar las torrenteras, incluso eliminando parte de los cultivos actuales que han invadido esa salida natural de las aguas hacia el mar y, por otra parte, volver a repoblar masivamente los montes próximos, con el fin de evitar que la lluvia caída se desplome de golpe por las laderas hacia la huerta, en lugar de ser frenada o retenida por la vegetación boscosa y arbustiva.

Todos estos problemas tienen, sin duda, un coste elevado; no sólo para encauzamientos o repoblaciones forestales masivas, sino sobre todo para indemnizar a los afectados por la reconversión el territorio cultivado.

c) La agresión del aire en movimiento

La erosión eólica es, desde luego, muy importante en las regiones áridas y semiáridas.

Pero también existe una fuerte erosión por el viento en otras regiones, sobre todo cuando el suelo tiene características de sequedad, desagregación y fácil transporte, con superficie lisa y poca o ninguna vegetación, de gran extensión, y en una región con clima inestable y considerable recorrido del viento.

En España, la erosión eólica alcanza caracteres casi dramáticos en el sureste, y resulta asimismo muy importante en la región del Estrecho, en el resto del litoral mediterráneo, en los estepares de ambas mesetas y, curiosamente, en buena parte de Galicia, muy especialmente allí donde los repetidos incendios de estos últimos años han dejado paso franco a las huestes de Eolo. Por supuesto, la mayor parte de las Canarias sufre asimismo una importante erosión eólica, característica de las regiones semiáridas o áridas del continente africano vecino.

Los efectos más evidentes del viento son los daños a los cultivos, el desplazamiento de polvo y arena que reseca las plantaciones aún no crecidas, y el transporte de objetos y plantas que aumentan su capacidad destructora. Con ser en ocasiones espectaculares, no constituyen, sin embargo, el mayor peligro de cara a la desertización. El efecto más grave del viento es, sin duda, el cambio que ocasiona en la textura del suelo. Las partículas más finas y fértiles del suelo reseco (materia orgánica, limos, arcillas) son arrancadas, arrastradas y llevadas lejos, por lo que al final no quedan más que las partículas más gruesas y las rocas desnudas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- TOHARIA, M (1988): *El desierto invade España* Instituto de Estudios Económicos. Grafinat S.A. Madrid.
- RUZA TARRIO, F y otros (1993): *Tratado del medio ambiente* Vol 2. Rezza Editores. México.

Ciencias de la Naturaleza La Erosión

11

•