

LOS PROCESOS DE EROSIÓN DEL SUELO: HECHOS, MITOS Y PARADOJAS

José Carlos GONZÁLEZ HIDALGO

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio
Universidad de Zaragoza

Resumen: El autor reflexiona sobre el fenómeno de la erosión; lo enmarca en la dinámica de los sistemas naturales como algo propio de los mismos, y centra su discusión en algunos resultados de investigaciones ampliamente difundidos.

Palabras clave: Erosión, conceptos, paradojas.

Abstract: Erosion concepts is presented as component of natural systems. Discussion is supported by overall known data.

Key Words: Erosion, concept, paradox.

INTRODUCCIÓN

En nuestros días existe una coincidencia generalizada de que el fenómeno "erosión" es algo grave, y no serán estas líneas las que la desmientan. Sin embargo, una reflexión más pausada permite encuadrar al fenómeno en su propia realidad y otorgarle el sentido que realmente tiene en los sistemas naturales. Los tres sustantivos del título que dan pie a la discusión posterior pretenden reflejar un planteamiento alejado de apriorismos. Definémoslos pues, desde el inicio, para evitar equívocos.

El Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua define el término "hecho" como "acontecimiento, lo que ocurre". El "mito" es "aquello que existe en la fantasía". Mientras que la "paradoja" es "una idea extraña, opuesta a lo que se tiene generalmente por cierto o verdadero, o a la opinión general". Es decir, "hechos, mitos y paradojas", circunscriben tres dominios: el de la realidad más objetiva (el hecho), el de la fantasía o ámbito de la no realidad (mito), y el de la creencia equivocada que incluso puede estar sustentada en la fantasía (la paradoja), contraponiendo lo que es y lo que se cree que es.

El fenómeno de la erosión necesita de aclaraciones previas. Y la primera es su origen etimológico. La palabra, y su carga semántica, procede del latín "erodere" cuyo significado es corrosión, rebajamiento. Y esta definición de la erosión nos acerca a una realidad de la naturaleza, pues erosión es el rebajamiento de las partes altas del relieve, en función en última instancia de la gravedad, mediante la actuación de los procesos y mecanismos erosivos. No hay en ello valoración, ni tampoco connotaciones negativas en el término *sensu estricto* en cuanto fenómeno o proceso normal dado en la naturaleza, y debemos buscar en el lenguaje (y no en la lengua) su significado *sensu lato*.

Sin duda han sido los medios de comunicación quienes han señalado con mayor vehemencia el carácter negativo de la erosión, y a ellos se debe en gran parte el matiz semántico de su uso habitual. Más no debemos olvidar que tras esta interpretación, hecha en el ámbito del lenguaje común, subyace tanto un significado negativo como exclusivamente de sentido economicista. ¿Cómo sino interpretar que las más altas tasas de erosión del planeta producidas en los Himalayas no produzcan preocupación? La respuesta es simple, porque no producen pérdida económica alguna, aparentemente.

"Intentar detener la erosión" suele ser en muchas ocasiones objeto de titulares sensacionalistas, la mayor parte de las veces en suplementos dominicales. Craso error bienintencionado que nos lleva a las paradojas posteriores. Imaginemos por ejemplo un planeta sin erosión, la implicación inmediata sería la ausencia de suelo sobre el que cultivar; más: detener la erosión sería como intentar detener las mareas, o todas las corrientes fluviales, en suma algo imposible.

A la palabra erosión durante los últimos años se han venido asimilando dos términos, en ocasiones sin relación estricta, las más de las veces estrechamente asociados. Son la "desertización" y la "desertificación". Si bien ambas hacen referencia a la adquisición de condiciones de desierto, la diferencia entre ambas estriba en el matiz que la segunda incluye, por cuanto en la desertificación se atribuye como causa fundamental la intervención humana, más concretamente mediante la destrucción de la cubierta vegetal, y se reservan las causas naturales (?) para la desertización, como pudiera ser el cambio de los regímenes de precipitación. Aunque la pregunta surge de modo inmediato: ¿en qué medida la interferencia humana en la naturaleza incita los cambios climáticos, incluidos los regímenes de precipitación?

La ausencia de condiciones de acogida a la vida, en especial al ser humano y principalmente por la escasez de agua, es la definición más clásica del "desierto", a la que por los procesos de erosión, desertización y/o desertificación, pueden encaminarse los sistemas naturales.

LOS HECHOS

Existen varias formas de producirse la erosión del suelo según el agente que provoque el proceso. La lluvia, las aguas superficiales y el viento se reconocen como los principales. No obstante en tanto el fenómeno más complejo de degradación del recurso suelo está asociado a la adquisición de las condiciones de desierto (y ahora no sólo por ausencia de agua), o más brevemente a la pérdida de la capacidad productiva del mismo, otros procesos como los movimientos en masa o desprendimientos, la salinización, la contaminación por metales, etc. se consideran causantes de erosión en un sentido laxo.

Decíamos al inicio que no serían estas líneas las que negasen la grave realidad del problema de la erosión, desertización y desertificación en múltiples zonas del planeta. Un resumen de la situación mundial se muestra en la Tabla 1, cuyos datos se refieren particularmente a las áreas cultivadas.

Tabla 1.- Estatus global de la desertificación de las áreas cultivadas en el mundo.

Continente	Total cultivado	Total degradado	%
Africa	1432	1045	73
Asia	1881	1311	70
Australia	701	375	53
Europa	145	94	65
América N	578	428	74
América S.	420	305	72
TOTAL	5159	3562	69

Datos originales DREGNE (1992) en RUBIO (1993). Datos en millones de hectáreas.

Por lo que se refiere a España, diferentes estudios señalan una situación general en la que no solamente son las regiones levantinas de permanente actualidad las afectadas, sino también grandes espacios del interior.

Aproximadamente 2/3 partes del territorio peninsular presentan problemas en mayor o menor gravedad de erosión del suelo. Existe pues un problema real de erosión en España, al que se une un evidente riesgo de adquisición de condiciones de desierto dados los regímenes pluviales, sobre todo en las regiones del SE peninsular.

En la Figura 1 se muestra la cartografía de riesgo potencial de la adquisición de condiciones de desierto elaborada por la Comisión Europea, donde se constata que gran

parte del espacio peninsular queda incluido en área de riesgo elevado. Corresponde aproximadamente a las cuencas interiores de los ríos Duero, Tajo, Guadiana y Guadalquivir, así como la cuenca del Ebro y todo el margen costero levantino.



Figura 1.- Riesgo de desertificación en el área Mediterránea. 1: Riesgo muy elevado; 2: Riesgo elevado; 3: Riesgo moderado; 4: Riesgo bajo. En RUBIO (1993).

Más pormenorizadamente, la Tabla 2 muestra los resultados de un reconocimiento de los diferentes grados de erosión del suelo elaborado por ICONA a una escala de Comunidad Autónoma. Hay otras muchas evaluaciones, cuyos resultados han de ponderarse según el método de evaluación (Comunidad, Provincia, Cuenca Hidrográfica etc), mostrándose otro ejemplo de cómo pueden variar los resultados a l originarse de manera distinta pero referirse al mismo espacio (Tabla 3).

Las causas de la degradación de los suelos en España han sido objeto de numerosas publicaciones. Destacaremos la propuesta por LÓPEZ BERMÚDEZ (1992) que las clasifica en:

- FÍSICAS:

a) Climáticas:

- a.1.) Escasa lluvia, alta temperatura y ETP
- a.2.) Irregular distribución de lluvias
- a.3.) Recurrencia de sequías y lluvias torrenciales

b) Geomorfológicas:

- b.1.) Entorno geológico "joven" y contrastado: montañas elevadas
- b.2.) Litologías muy deleznales
- b.3.) Procesos generalizados de erosión hídrica y eólica
- b.4.) Compactación y encostramiento del suelo

- QUÍMICAS:

- a) Lixiviación
- b) Salinización de suelos y aguas
- c) Reducción de fertilidad
- d) Polución de suelos (fitosanitarios, fertilizantes etc)

- BIOLÓGICAS:

- a) Disminución de biomasa
- b) Reducción materia orgánica
- c) Reducción diversidad
- d) Alteracion procesos biológicos en edafización

Y la realidad es que todas ellas se entrelazan en procesos complejos. La escasez de lluvias y su irregularidad, unido a las elevadas temperaturas proporcionan una baja cubierta vegetal. De una escasa cubierta vegetal deriva una ausencia de materia orgánica que restringe la formación de suelo. La ausencia de suelo redundan en la dificultad del asentamiento vegetal. El carácter torrencial de las precipitaciones, que en repetidas ocasiones pueden alcanzar valores desmesurados, unido localmente a peculiaridades orográficas y al carácter deleznable de gran parte de los materiales geológicos son otras circunstancias favorables que se catalizan con las anteriores. Finalmente la intensa y secular intervención humana, tanto por acción como por omisión (problemática actual de campos abandonados), es un factor a añadir.

LOS MITOS

Los hechos se contraponen a los mitos, y la realidad (el hecho) es que la erosión no es una catástrofe *per se* salvo en el mundo de la imaginación (mito). Hay varios argumentos que soportan esta idea que procuraremos analizar en detalle.

**Tabla 2.- Distribución por Comunidades Autónomas según niveles de erosión (ICONA).
Datos en miles de hectáreas.**

	I	II	III	IV	V	VI	Total
Andalucía	502	935	2062	1953	1940	1380	8771
Aragón	33	127	442	1384	1851	930	4766
Asturias	3	1	0	773	154	121	1052
Baleares	25	25	34	54	266	105	509
Canarias	22	94	96	254	115	176	756
Cantabria	1	1	3	378	120	32	535
C-La Mancha	38	180	753	1880	3274	1837	7962
C-León	27	109	223	1979	4387	2714	9439
Cataluña	127	287	214	1068	815	647	3158
Extremadura	37	146	769	563	1329	1310	4153
Galicia	28	93	94	770	1312	625	2922
Madrid	0	12	45	140	337	267	801
Murcia	35	85	282	317	294	124	1138
Navarra	1	7	35	306	357	329	1035
País Vasco	2	0	30	386	129	168	717
La Rioja	0	9	71	101	239	81	501
Valencia	232	449	336	616	390	306	2329
Total	1112	2561	5488	12923	17309	11151	50544

I: Erosión Extrema; II: Erosión Muy Alta; III: Erosión Alta; IV: Erosión Media; V: Erosión Baja; VI: Erosión Muy Baja.

En primer lugar definamos la realidad del proceso erosivo en los sistemas naturales. En la Figura 2 se señala esquemáticamente la posición del fenómeno a caballo entre la tasa de formación del suelo (sujeto paciente de la erosión) y la tasa de erosión del mismo. La idea es la clave del fenómeno. Solamente allí donde la tasa de erosión del suelo supere la tasa de formación del mismo podrá hablarse de un problema de degradación. En tal circunstancia existirá una pérdida neta del recurso, mientras que en situación contraria tal hecho no tendrá lugar.

Tabla 3.- Evaluación de la erosión en España por Cuencas Hidrográficas. Datos de superficie en millones de has.; erosión en tm/ha/año. En LÓPEZ BERMÚDEZ (1992).

Cuenca	Superficie	Erosión
Mediterránea	1,8	47,7
Guadalquivir	5,7	44,6
Atlántico	0,5	32,5
Júcar	4,2	28,8
Ebro	8,4	28,1
Segura	1,8	24,5
Pir. Oriental	1,6	23,4
Tajo	5,5	21,1
Guadiana	6,0	18,9
Duero	7,8	10,6
Norte	5,3	4,8
TOTAL	49,1	23,3

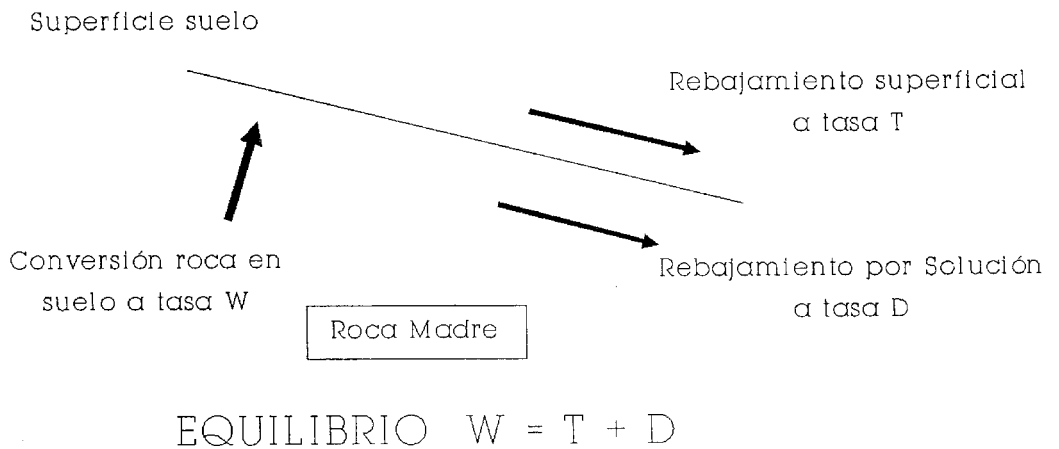


Figura 2.- Equilibrio Erosión-Formación del Suelo.

En segundo lugar, la erosión no es ilimitada. Esta segunda idea se comprende con claridad con la siguiente imagen: sin suelo éste no podrá erosionarse, o por el contrario sin agentes de erosión, aún habiendo suelo, no tendrá lugar la erosión.

Ambos extremos definen el modelo cualitativo de Meyer y Wischmeier, diseñado inicialmente para los procesos de erosión de naturaleza hídrica, pero fácilmente aplicable a cualquier otro tipo de proceso de erosión del suelo.

En el citado modelo (Fig. 3) se observa que el producto final, el material erosionado, se genera mediante dos mecanismos (relaciones de carácter físico), la preparación previa del material y su movilización; dos procesos (proyección en el tiempo de los mecanismos), el golpe de gota de lluvia y la arroyada superficial; y dos agentes, la precipitación y escorrentía en superficie.

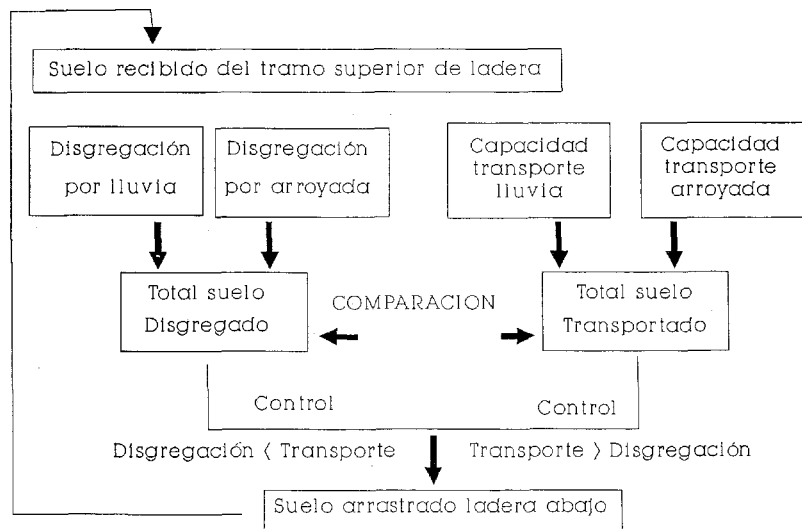


Figura 3.- Modelo de Erosión según MEYER Y WISCHMEIER (1969).

Los agentes lluvia y escorrentía superficial ejercen a la vez su influencia en ambos mecanismos y procesos, ambos disgregan material y lo movilizan, pero numerosos estudios han venido a coincidir que en la preparación previa predomina el efecto de la lluvia, y en el transporte predomina el efecto de las aguas superficiales.

Mediante el golpe de las gotas de lluvia (salpicadura) el material superficial se podrá disgregar en función de su grado de cohesión y resistencia ante la energía aplicada. Por ello, en ausencia de suelo, como en el caso de afloramientos de

materiales resistentes, duros, tal preparación no se producirá al menos mediante el mecanismo de salpicadura y en todo caso será de menor cuantía final. A la inversa, en el extremo contrario, la existencia de suelo no asegura su movilización de lugar pues será necesaria la presencia de agentes de transporte.

Son en suma las situaciones definidas como "control por disgregación" y "control por transporte". En el primer caso la presencia de agentes de movilización (escorrentía) no asegura el movimiento del material al faltar la preparación previa del mismo. En el segundo caso la magnitud del material transportado depende del agente de transporte, su cuantía y características.

Un ejemplo final aclarará el modelo. Imaginemos un montón de arena (material preparado para ser movilizado) y tres camiones (agentes de transporte). Únicamente podrá movilizarse un sólo montón de arena en cada unidad de tiempo (no hay más material), aunque existan posibilidades de transportar más arena si aumenta el objeto transportado (los montones de arena). La situación recibe el nombre de erosión controlada por la disgregación.

Supongamos ahora el caso inverso. Existen tres montones de arena y un solo camión. El movimiento del material se producirá en función de la cuantía y capacidad del agente de transporte, y aunque exista material susceptible de ser transportado éste permanecerá in situ. Es la situación denominada erosión controlada por el transporte.

La duplicidad de situaciones es clave además al reconocer las influencias de diferentes factores sobre los procesos de erosión. Por lo general los estudios de erosión se han efectuado en campos de cultivo (situación 2 definida por un control por transporte), que no tienen que corresponderse necesariamente con las condiciones dadas en vegetación espontánea (situación 1 bajo control por disgregación).

El valor que estos espacios naturales reciben en los momentos actuales obliga a revisar cuidadosamente tales efectos para su eventual aplicación, y definir con claridad bajo que situaciones se realizan las investigaciones.

Pero existen otras situaciones que podemos calificar en la órbita de la fantasía (mitos). Anteriormente hemos aludido al papel que las aguas corrientes tienen en los procesos de erosión al ser el principal agente de transporte. Estudios llevados a cabo desde los años cincuenta han demostrado que existe una relación entre la precipitación media anual y la producción de sedimento que presenta la forma sugerida en la Figura 4. La interpretación de estos resultados, al margen de ulteriores revisiones, es la siguiente: en ausencia de precipitación la erosión hídrica es nula por ausencia de agentes; con el incremento de la precipitación anual la erosión crece de manera exponencial al no existir una protección eficaz de la cubierta vegetal, situación que se

mantiene hasta los 400-500 mm de lluvia anual. A partir de éste umbral las precipitaciones aseguran una cubierta vegetal capaz de proteger el suelo, de modo que el incremento de la pluviosidad queda contrarrestado por el aumento de la protección que brinda la vegetación.

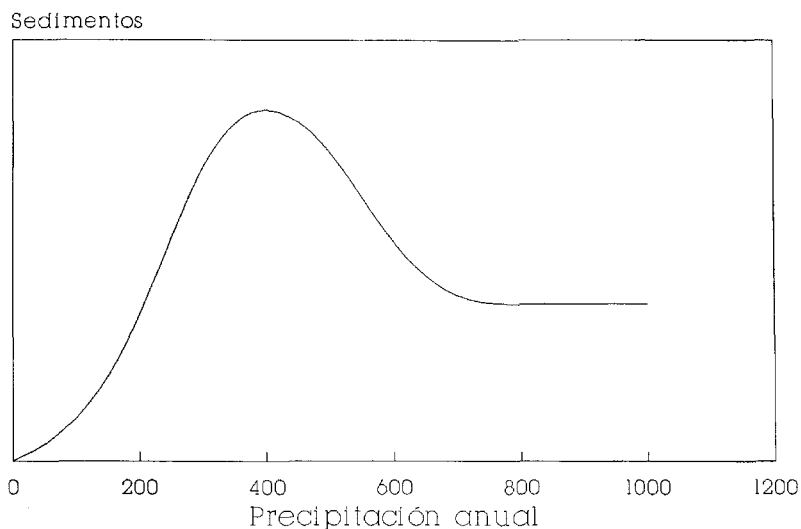


Figura 4.- Relación Precipitación y Sedimentos (LANGBEIN Y SCHUMM).

El problema surge cuando la ausencia de precipitaciones lleva a lo que denominaríamos "la llamada al agua".

Los regímenes pluviales como los de gran parte del territorio español están caracterizados por su irregularidad, además de una persistente escasez de agua. No hay demasiados estudios en el presente pero todo parece confirmar que las variaciones de los valores anuales se consiguen por el efecto que un pequeño número de días de precipitación producen sobre el cómputo anual.

La Figura 5 presenta esta situación, en la que se muestra la suma del volumen de lluvia de los diez días más lluviosos respecto al total anual en diferentes localidades de la Comunidad Valenciana durante 30 años.

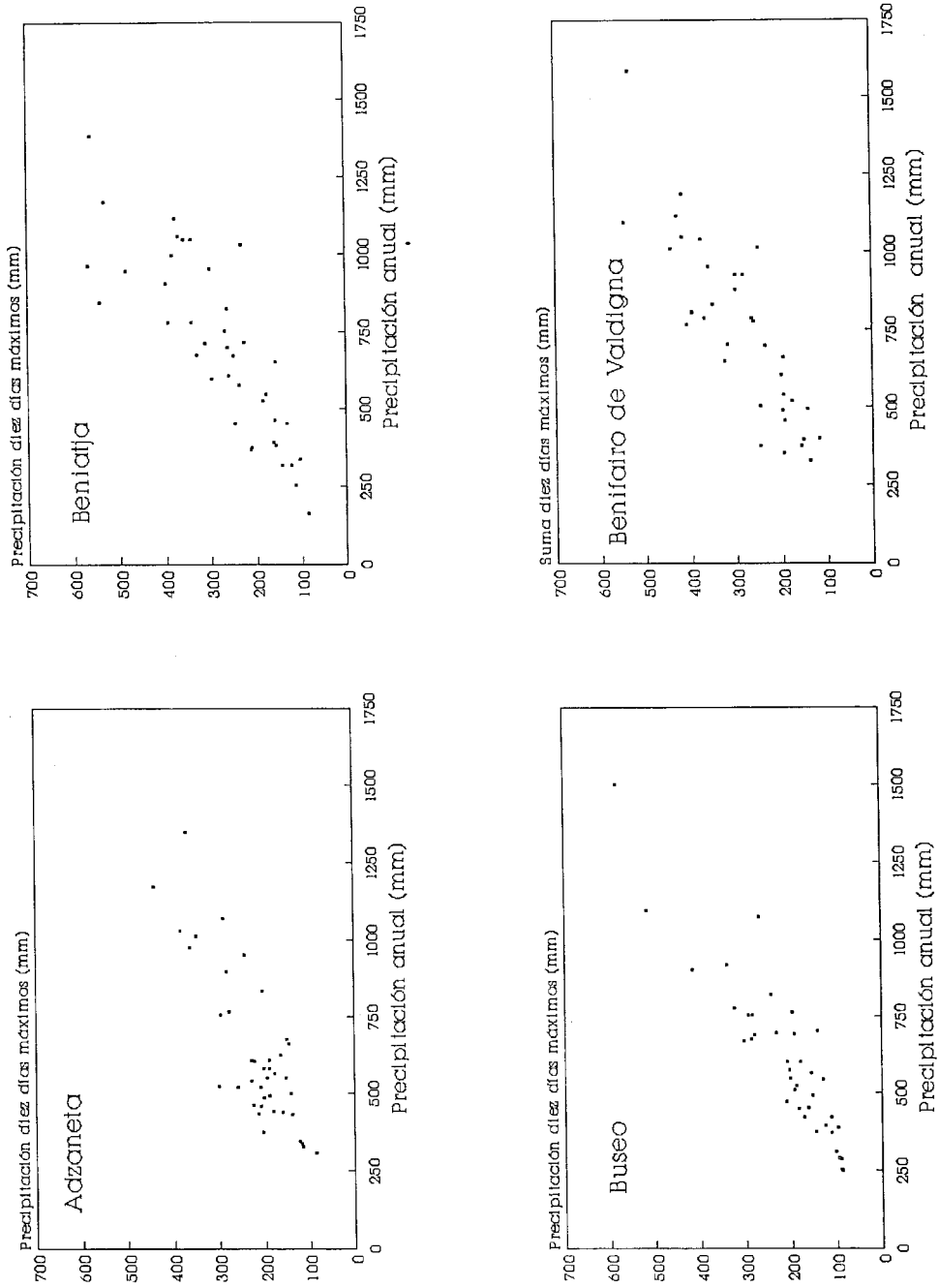


Figura 5.- Relación precipitación anual y 10 máximos diarios.

En otras palabras, la variabilidad interanual de las lluvias parece ser producto de la concentración de un pequeño número de tormentas, de manera que los años más lluviosos parecen ser *a priori* los más activos en fenómenos erosivos en estos ambientes semiáridos mediterráneos.

La tercera reflexión en el ámbito de la fantasía es la relación entre la vegetación y la erosión. Existe una creencia generalizada y absoluta de que la cubierta vegetal detiene la erosión en general, e hídrica en particular. Tampoco estas líneas desmentirán el hecho, corroborado en numerosas investigaciones.

La serie de mecanismos mediante los que la cubierta vegetal actúa en contra de la erosión se pueden sintetizar en cinco. En primer lugar la vegetación resta caudales de precipitación susceptibles de golpear la superficie o de producir escorrentía mediante el fenómeno conocido como interceptación. En segundo lugar la vegetación evita el impacto directo de las gotas de lluvia sobre la superficie, por lo que evita la dispersión del material y el encostramiento de la superficie. En tercer lugar la vegetación favorece la infiltración del agua al estructurar el suelo. Como cuarto proceso de interferencia se cita el efecto que impone sobre las aguas superficiales, haciendo más difícil su concentración y restando velocidad. Y finalmente la vegetación aglutina el suelo con sus raíces. El resultado, comprobado de manera empírica, se resume en una relación exponencial negativa entre el valor del sedimento producido y el porcentaje de cubierta vegetal (Fig. 6).

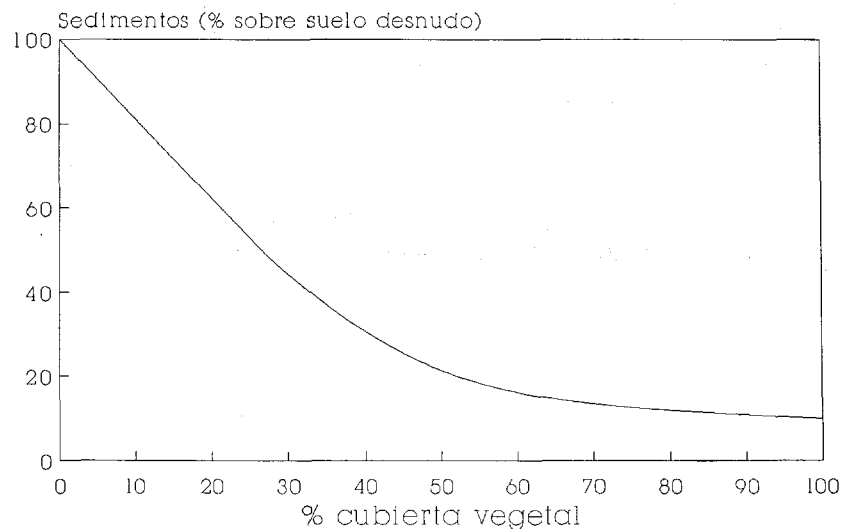


Figura 6.- Cubierta Vegetal y producción de sedimentos (ELWELL Y STOCKING).

Pero afirmados de manera absoluta estos hechos no se corresponden con la realidad, dejemos para las paradojas la continuación de esta idea.

LAS PARADOJAS

El Clima y la Erosión

Hemos mencionado con anterioridad la relación existente entre las precipitaciones y la producción de erosión, en la que subyace el incremento de cubierta vegetal al amparo de los recursos hídricos. De la misma manera hemos mostrado también que en los regímenes de lluvia como los mediterráneos la variabilidad interanual es norma.

El peso que en los citados regímenes parecen mostrar la presencia o ausencia de tormentas cuantiosas nos lleva a la aparente paradoja de que los años más lluviosos deben ser aquellos de mayor producción de sedimentos, o en otro orden de cosas aquellos en los que avenidas e inundaciones de carácter catastrófico produzcan precisamente efectos más negativos.

Bien es cierto que la relación general se produce sobre los valores de precipitaciones medios anuales, y en nuestro caso estamos comentando una realidad interanual. Sin embargo, el pequeño sofisma empleado nos lleva a una primera conclusión: el efecto de la escala temporal de los factores de la erosión sobre la propia erosión. En otras palabras, acorde a la escala de trabajo pueden existir variaciones en el efecto del mismo factor sobre el mismo proceso.

Una segunda paradoja en la relación clima erosión es la mostrada por A. Yair en ambientes semiáridos extremos israelíes. Las investigaciones de este autor y su grupo de trabajo han venido a indicar una situación anómala, en la que las mejores condiciones para el asentamiento de la cubierta vegetal y las menores producciones de escorrentía y sedimento se producen en las zonas de menor precipitación en un gradiente comprendido entre los 90 y 200 mm anuales de precipitación. Dicho autor identifica el tipo de superficie (rocosa o no) como el factor determinante de la erosión final por el efecto que ejerce en el reparto espacial de la infiltración. Allí donde la entrada de agua en el suelo se realiza de manera concentrada el frente de humedad llegará a mayor profundidad. Al penetrar a mayor profundidad, el agua de lluvia sufrirá una pérdida por evaporación-evapotranspiración más lenta. En consecuencia dicha agua constituye una reserva preciosa cuyo empleo con fines agrarios se ha constatado históricamente. Esta situación se corresponde con las zonas de menor precipitación. Por el contrario, en las zonas en las que el reparto de la infiltración es homogéneo el

avance del frente de humedad en el suelo será poco profundo, el agua quedará fácilmente disponible para ser trasvasada a la atmósfera, y las condiciones hídricas serán más restrictivas. Es la situación que coincide con los sectores de mayor pluviosidad.

En resumen, la interacción del clima con los procesos erosivos merece una atención más detallada, observándose que no es suficiente un tipo de relaciones binarias para comprender el funcionamiento de los sistemas naturales.

La Topografía y la Erosión

Al señalar las situaciones extremas que definen los procesos de erosión, hemos indicado que la mayor parte de los estudios se han venido efectuando en campos de cultivo, es decir bajo condiciones definidas como control por transporte.

Numerosas formulaciones empíricas han llegado a establecer una relación doblemente logarítmica que predice el sedimento producido en función del valor de la escorrentía y la pendiente de la ladera. En estos modelos los valores de los exponentes son superiores a 1 en ambas variables, es decir a mayor escorrentía mayor sedimento, y otro tanto con el valor de pendiente.

El creciente interés por los espacios con vegetación natural ha llevado a repetir el mismo tipo de investigaciones, pero los resultados señalan una y otra vez que los valores de los exponentes no son necesariamente superiores a 1. En otras palabras: el efecto de las variables que se asumen como causas principales de la erosión (escorrentía y pendiente) crece de manera exponencial en un primer momento para luego mostrar un incremento muy débil, casi nulo, e incluso en ocasiones se ha llegado a señalar un efecto negativo de la pendiente, de manera que a mayor valor de pendiente el sedimento producido (léase erosión) desciende.

Esta aparente contradicción, paradoja en suma ante la creencia generalizada, no es más que el resultado del diferente tipo de condiciones en que se realiza cada investigación. Reiteramos una vez más que los estudios efectuados en espacios naturales reflejan por lo general condiciones definidas en el control por disgregación, donde el mecanismo que controla la erosión es la preparación del material por el proceso de salpicadura de la lluvia. En la medida que la cubierta vegetal, o cualquier otro tipo de elemento de la superficie disipe la energía de la lluvia, tal preparación no se efectuará, y por mucha escorrentía que se pueda producir no habrá un incremento del sedimento.

Por lo que respecta a la pendiente la relación parece ser algo más compleja. Numerosos estudios han demostrado que existe una situación paradójica en la que la

granulometría superficial presenta una relación positiva entre las fracciones más gruesas (arenas) con el valor de pendiente. Es decir, las fracciones de arenas aparecen allí donde la pendiente del terreno es más elevada, habiendo desaparecido las fracciones más finas de limos y arcillas. Las causas de la situación no serán objeto de comentario, estando además sometidas a debate, pero si se puede abundar más en sus consecuencias.

La presencia de mayores porcentajes de arenas favorece una mayor infiltración, de manera que la producción del flujo debe ser menor y, por ello, menor su capacidad de arrastre, situación que produce la relación negativa entre pendiente y erosión.

Aunque hemos de ser sinceros: ello implica que en algún momento previo a la erosión ha sido superior con altos valores de pendiente, lo que nos devuelve a nuestra primera conclusión: la necesidad de situar en la precisa escala temporal el proceso estudiado.

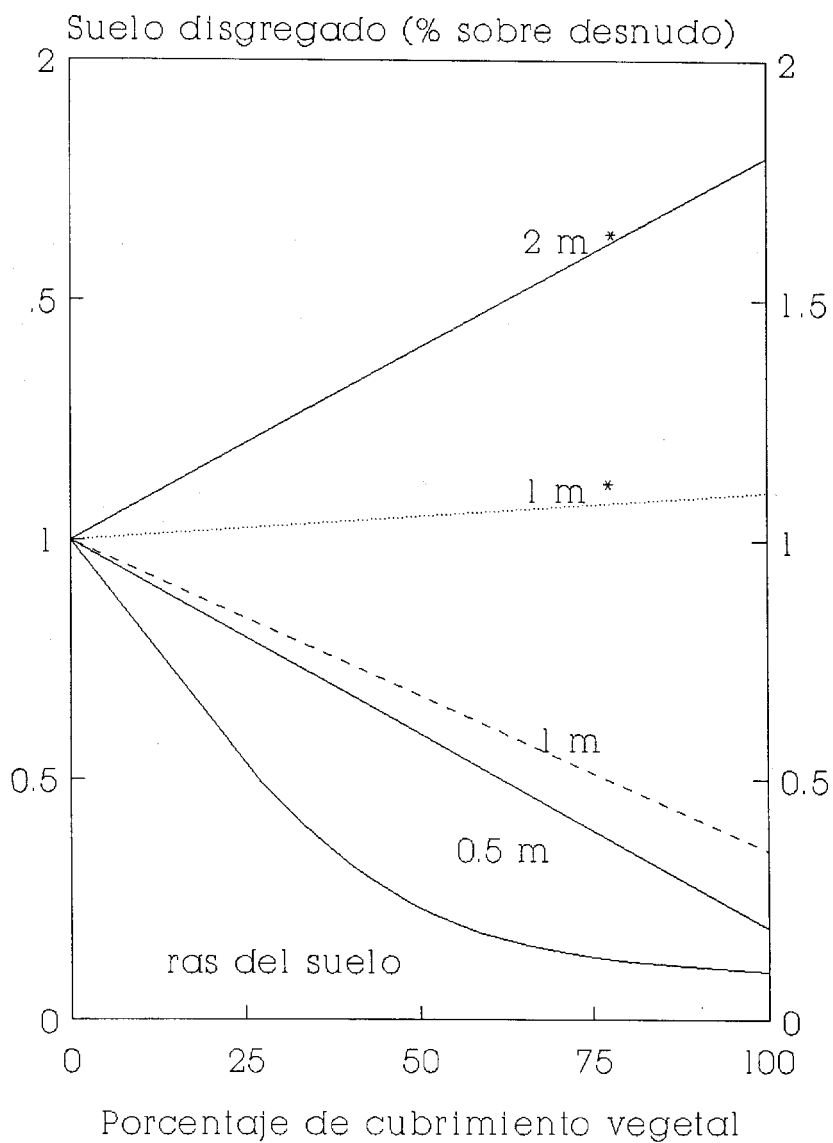
La Vegetación y la Erosión

Nuestra reflexión final sobre las paradojas producidas por los mitos retoma ideas anteriores.

Del cúmulo de influencias que la cubierta vegetal produce sobre los procesos de erosión parece fuera de duda que la prevención del impacto directo de la gota de lluvia es el más importante, de modo que existe una estrecha relación con el mecanismo de preparación del material, es decir con el proceso de salpicadura.

La salpicadura se produce en función de la energía cinética liberada por cada gota. Dicha energía se evalúa a partir de la formulación clásica $\frac{1}{2} m v^2$, siendo "m" la masa o diámetro de la gota y "v" la velocidad, o relación entre el espacio recorrido y el tiempo. Estudios experimentales de la física han demostrado además que la velocidad de cada gota se incrementa hasta aproximadamente 8-9 m de altura de caída, siendo irrelevante el aumento de la misma a valores superiores.

Debajo de cubierta vegetal las gotas que alcanzan la superficie proceden de la fracción de la lluvia denominada trascolación, cuyo efecto principal es realizar un notable incremento del diámetro medio de las mismas. En condiciones de precipitación al aire libre la distribución de frecuencias de las gotas de lluvia presenta una variación según la intensidad del aguacero. En general a menor intensidad el número de gotas pequeñas es superior (y el volumen de lluvia aportado), y con el aumento de la intensidad aumentan las gotas de diámetros más gruesos (y el volumen de lluvia en ellas contenido).



Los * indican cubierta vegetal con elevado valor de trascolación

Figura 7.- Suelo disgregado y cubierta vegetal (MORGAN Y RICKSON, 1988).

Bajo cubierta vegetal la distribución de frecuencias resultante de la trascolación tiene valores promedio entre 4-5 mm de diámetro, independientemente de la especie vegetal o de la intensidad de la lluvia libre, concentrándose la mayor parte de las gotas en dicho umbral. En consecuencia las nuevas gotas, en tanto que mayores, pueden liberar una mayor cantidad de energía por unidad de volumen (al margen de la menor precipitación recibida) que la producida por la lluvia al aire libre, y eventualmente se podrá producir una mayor disgregación del material por unidad de volumen.

La situación se refleja en la Figura 7 en la que se observa la clave de la paradoja: la altura de caída libre de las gotas de trascolación que depende de la estratificación vegetal. La conclusión es que el control que la vegetación produce sobre la erosión se realiza bajo determinadas condiciones, en otras palabras: "no basta la sola presencia de la cubierta vegetal para detener la erosión".

En la citada figura se puede observar que el incremento de la cubierta vegetal puede producir tanto el incremento de la erosión (por disgregación) como su descenso según la altura de caída de las nuevas gotas formadas en la trascolación. Y la consecuencia final es la siguiente: el control efectivo de la erosión debe procurar una cubierta en la que la caída final de las gotas se realice desde una altura baja, es decir una vegetación estratificada o en su caso de porte bajo (herbáceas o matorral).

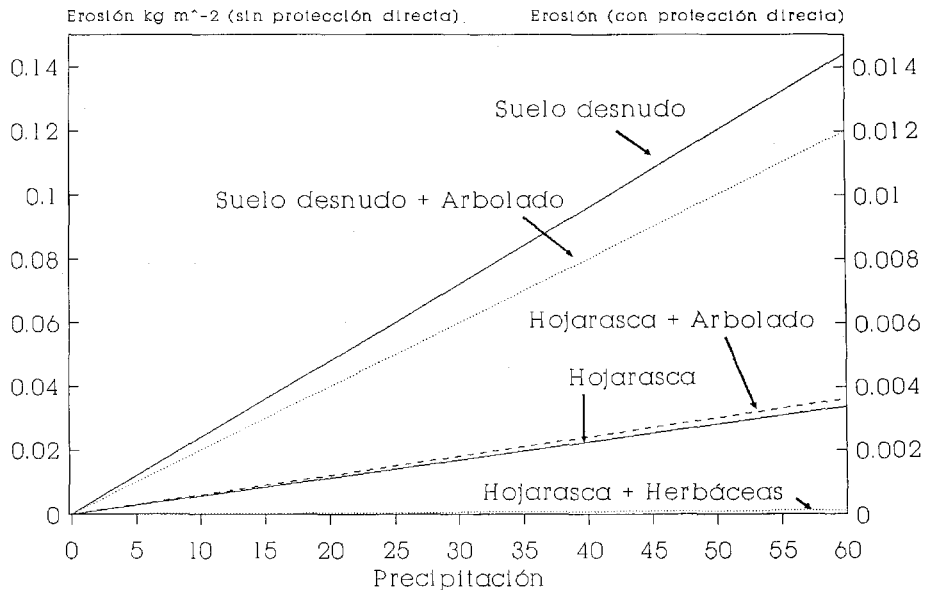


Figura 8.- Erosión y Precipitación según estratificación vegetal (WIERSUM, 1983).

La Figura 8 nos muestra esta situación en diferentes tipos de cubierta vegetal. La figura muestra resultados experimentales que confirman que el incremento de la erosión con la precipitación es irrelevante cuando la cubierta vegetal es baja, exista o no un estrato arbóreo, pero el incremento de la producción de sedimentos es notable cuando la estructura de la cubierta denota la ausencia de los estratos más bajos, situación que se atribuye a los efectos de la trascolación. Respecto a la figura anterior, se debe señalar que aquella (Fig. 7) se refiere al proceso aislado de salpicadura, mientras que ésta final muestra la conjunción de salpicadura y arroyada.

BIBLIOGRAFÍA

En el momento actual es muy amplia la bibliografía sobre los procesos de erosión, revisada y actualizada en revistas especializadas. Por ello, las notas siguientes no pretenden ser una exhaustiva lista de la misma, sino una breve introducción a los temas principales tratados en el texto.

Las discusiones conceptuales y terminológicas se pueden encontrar detalladamente en un breve trabajo de SANZ DONAIRE (1992): "Erosión y desertificación: comentarios a una intrincada terminología", *Ecosistemas*, 3: 8-9.

Los aspectos generales sobre la erosión se encuentran en LÓPEZ BERMÚDEZ (1992): "La erosión del suelo, un riesgo permanente de desertificación", *Ecosistemas*, 3, 10-13. El panorama global del fenómeno de la desertificación puede abordarse en las publicaciones del MOPU (1988): *Desertificación en Europa* y (1989): *Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo*. Más recientemente RUBIO (1993), compendia una visión cronológica del concepto y aporta las últimas evaluaciones realizadas por diversos organismos internacionales.

El caso español se encuentra documentado en LÓPEZ BERMÚDEZ y ALBALADEJO (1990): "Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea", en *Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas*.

Un manual clásico para introducirse en el estudio de la erosión es el realizado por MORGAN (1986) *Soil erosion and conservation*, Longman, Harlow (1ª ed. 1976) de reciente edición en castellano (Ed. Limusa), principalmente en sus capítulos iniciales. Lecturas de mayor complejidad pueden encontrarse en el libro de KIRKBY y MORGAN (eds) (1980): *Soil erosion*, muy recomendable para la comprensión de los denominados "controles de la erosión", capítulo 1.

El trabajo clásico sobre la relación erosión y vegetación es el publicado por ELWELL y STOCKING (1976): "Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia", *Geoderma*, 15, 61-70; aportaciones más recientes y definitivas sobre el tema se pueden encontrar en J. THORNES (ed) (1990): *Vegetation and Erosion*, John Wiley and Sons.

Algunas de las paradojas presentadas en el texto anterior se han extraído de los siguientes trabajos:

YAIR, A. y KLEIN, M. (1973): "The influences of surface properties on flow and erosion processes on debris covered slopes in a semiarid area", *Catena*, (1), 1-18 (relaciones escorrentía y pendiente).

YAIR, A. y KLEIN, M. (1987): "The relationship between annual rainfall and sediment yield in arid and semiarid areas. The case of northern Negev", *Catena Supl.*, 10, 137-146 (relaciones precipitación y sedimento).

BRANDT, J. y THORNES, J.B. (1987): "Erosional energetics", En K.J. GREGORY (Ed.), *Energetics of physical environment*, 51-87, John Wiley and Sons.

WIERSUM, K.F. (1983): "Effects of various vegetation layers of an "Acacia auriculiformis" forest plantation on surface erosion at Java, Indonesia", En SA EL-SWAIFY et al (eds): *Soil erosion and conservation*, 79-89, Soil Conservation Soc. of America (efecto de la estratificación vegetal sobre la erosión).

MORGAN, R.P.C. y RICKSON, J. (1988): "Soil erosion control: importance of geomorphological information", En J.M. HOCKE (Ed.): *Geomorphology in environmental planning*, 51-60, (modificaciones de la relación propuesta por Elwell y Stocking debidas a la salpicadura).

Finalmente, en SALA, M., RUBIO, J.L. y GARCÍA RUÍZ, J.M. (Eds.) (1991): *Soil erosion studies in Spain*, Geofoma, Logroño, se encuentra un panorama general del estado de las investigaciones y grupos de trabajo en nuestro País.