

# Erosión y desertificación

Jorge AGUILÓ BONNIN

*Doctor Ingeniero Agrónomo, ex Jefe de Conservación de Suelos.*

**RESUMEN:** Se trata de destacar la importancia de los fenómenos erosivos y sus interrelaciones con todas las actividades que se desarrollan sobre el territorio y, por ende, la importancia de considerar la defensa y conservación del suelo de forma integrada con el resto de estrategias territoriales. Se señalan, asimismo, algunas confusiones terminológicas y conceptuales de manejo frecuente que se estima conveniente aclarar.

## I. INTRODUCCIÓN

La intensa labor llevada a cabo en España durante el decenio de los sesenta en la lucha contra la erosión, en el que se defendieron en torno a medio millón de hectáreas de terreno agrícola, ha dado paso a un período complejo en el que, a pesar de la permanente actualidad de la cuestión, no se ha incrementado de una forma significativa la superficie defendida frente a los fenómenos erosivos, tan sólo en torno a un 10%.

La causa de esta ralentización puede estar en la aparición de nuevos factores, entre los que cabe citar, en primer lugar, los incendios forestales, que restan grandes superficies arboladas, difícilmente compensables con las

replantaciones efectuadas, y, en segundo lugar, el temor a una excesiva crítica adversa por parte de las organizaciones ecologistas, cuya sensibilidad se centra especialmente en el tema de la elección de las especies.

En cualquier caso, el marco en que se plantea actualmente la defensa del suelo frente a la erosión ha cambiado. Del ámbito agrícola en el que se situaba, ha pasado al forestal donde las actuaciones son más simples, se trabaja casi siempre sobre superficies de propiedad estatal, antes, y de las CCAA ahora, sin las complicaciones derivadas del trato con multitud de particulares.

No puede dejar de mencionarse en este contexto el tema de la desertificación, concepto que desde la definición establecida en la Conferencia de Nairobi (1977), ha sido objeto, especialmente en los últimos años, de

las más grandes confusiones. Parece que todo el mundo sabe de que se trata, pero la verdad es que, hasta el momento, no se dispone de parámetros aptos para describir científicamente o cuantificar el fenómeno.

## 2. EL FENÓMENO EROSIVO

La pérdida de suelo tiene importancia, no sólo por el valor en sí mismo, sino porque esta pérdida va a otro lugar y, en general, afecta a la vida de otros. El suelo es el elemento que da soporte a los demás y sobre el que se produce el fenómeno erosivo. Es el resultado de la interacción, primero del clima y del substrato geológico, luego de la vegetación y fauna que sustenta, de origen natural y, finalmente, en buena parte del mismo, de la acción del hombre.

Sus características y por tanto su comportamiento pueden ser muy variables (hasta entre puntos muy cercanos), lo cual complica extraordinariamente la tarea de averiguar su respuesta, incluso ante tratamientos encaminados a protegerlo y conservarlo. No es preciso destacar la importancia de poder prever esta respuesta a la hora de tomar decisiones de gestión territorial.

Aunque la erosión haya sido objeto de infinidad de estudios y modelizaciones, el término sigue estando sometido a grandes confusiones. Con el ánimo de clarificar el concepto, voy a recordar sumariamente lo expuesto al respecto en el «Seminario sobre Zonas Áridas» de la Real Academia de Ciencias en Marzo de 1989.

La erosión hídrica está compuesta por dos fenómenos distintos: el arranque de las partículas por el impacto de las gotas de lluvia y el transporte de tales partículas por el agua circulando sobre el suelo, ya sea en lámina, canaliculos o regueros. En el arranque es determinante la resistencia del suelo, el tipo de lluvia y, en especial, el tamaño de las gotas, que es lo que condiciona su energía cinética. Por otra parte, según la intensidad de la lluvia y las propiedades de infiltración del suelo, el agua que circule y por tanto su capacidad de transporte será mayor o menor.

No es difícil deducir que de la relación entre lo arrancado y la capacidad de arrastre, dependerá que todo o sólo parte de lo

arrancado pueda ser transportado y por tanto perdido realmente. Incluso es posible que no quede satisfecha la capacidad de arrastre y se produzca un tercer fenómeno, el arranque de partículas por parte de la corriente acuosa. Evidentemente, la pérdida disminuye en general con la extensión, ya que las irregularidades del terreno hacen que el agua pierda velocidad en las pendientes menores, no pueda transportar todo lo que llevaba y se produzcan sedimentaciones. Con esta información se puede ya definir o parametrizar la erosión:

- «Erosión total»: se refiere a la totalidad del material arrancado, incluyendo el de los regueros, cárcavas y cauces involucrados, sin descontar las posibles sedimentaciones en depresiones, bajas de pendiente, etc. Este parámetro varía con la extensión, ya que, a diferencia de una cuenca entera, en el caso de una parcela por ejemplo, no incluirá el arranque en los cauces y algunas sedimentaciones; y en el de unos pocos metros cuadrados, posiblemente quedará limitado a lo arrancado por la lluvia.

- «Pérdidas por erosión» o «sedimentación total»: incluye la totalidad de las partículas que pasan en suspensión o rodando por el fondo, por una sección definida de un cauce. Como la medición de los elementos que ruedan por el cauce es dificultosa, a veces se consideran solo los elementos en suspensión, siendo importante efectuar esta precisión al usar el término.

- «Coeficiente de emisión»: relación entre ambos valores. A medida que aumenta la superficie considerada este parámetro se va haciendo menor (desde unas pocas unidades en las cuencas de los grandes ríos, hasta pérdidas locales del cien por cien).

## 3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO EROSIVO

Ya he indicado con respecto al suelo, la importancia de dos de sus características: la resistencia al arranque y la capacidad de infiltración. Hay otros muchos factores, que de una u otra forma, pueden afectar a tales propiedades y por tanto a la erosión; en primer lugar es destacable el papel que desempeña la morfología del propio suelo, a

través de dos aspectos: la pendiente y la longitud de esta pendiente. Sería largo analizar el papel de ambos factores y de sus interrelaciones, pero baste indicar que la pendiente favorece el arrastre al aumentar la velocidad del agua en circulación y la longitud hace que se puedan producir acumulaciones líquidas con similar efecto, por tanto el reducirlas siempre es una forma de aminorar el proceso erosivo.

No obstante, el aspecto de mayor relevancia es indudablemente la vegetación, tanto si es natural como artificial, y ello, tal vez más, en relación a la lluvia que al suelo propiamente dicho. En efecto, las gotas interceptadas por la vegetación pierden la mayor parte de su energía cinética y por tanto la capacidad de disgregación, ya que llegan al suelo desde baja altura o goteando por los tallos.

Con ello se reduce drásticamente el material arrancado, pero siempre en relación directa con la superficie del suelo que sea realmente cubierta por dicha vegetación, así como la coincidencia de su periodo vegetativo con las lluvias más importantes. Un cultivo denso, un matorral cerrado o un arbolado de buena cobertura, brindan una excelente defensa, la cual se merma en los periodos de siembra en unos, o de pérdida de hojas en otros.

También la vegetación influye favorablemente en la infiltración, ya que a través de sus raíces vivas esponja el suelo, aumentando los huecos disponibles, y las muertas dejan canalículos que no solo cumplen igual misión, sino que aportan al suelo materia orgánica que mejora su estado de agregación e indirectamente mejora su resistencia al arrastre.

La fauna, tanto la silvestre como el ganado, contribuyen con su aportación de materia orgánica en sus deyecciones a la mejora del suelo y los animales, que viven en el suelo, desempeñan un papel en cierto modo semejante al de las raíces de las plantas.

La acción antrópica sobre el suelo y por tanto sobre la erosión, es algo que procede de las épocas más remotas. Tal vez los resultados presentados por Moore (1979) relativas a las excavaciones realizadas en el Tell de Abu Hureyra situado en el valle del Eufrates, al norte de Siria, sean de los más ilustrativos del crecimiento y súbito ocaso de una pequeña

civilización que se desarrolló entre el 8500 y 5500 a. C. motivado, según parece, por la excesiva presión de una incipiente agricultura sobre el suelo, tal vez agravado por una disminución en su limitada pluviometría.

En los últimos años, especialmente desde la entrada de España en la UE, la agricultura ha sufrido grandes cambios. Después de más de tres decenios de constante aumento de la superficie agrícola y de los medios mecánicos de laboreo, lo que suponía la frecuente remoción de importantes superficies de pendientes excesivas, se ha pasado al abandono de tierras, al secano con laboreo mínimo o sin cultivo y en otros casos al regadío.

Esto significa, en el campo agrícola, haber pasado de una erosión creciente, tanto por la superficie afectada como por los métodos de manejo, a un retroceso notable que por el momento es difícil estimar en cifras. A buen seguro que las evaluaciones de erosión total que arrojan los Paisajes Erosivos de las distintas cuencas geográficas, publicados en su día por el ICONA, al día de hoy habría que rebajarlas considerablemente en importantes superficies entonces calificadas como agrícolas.

En el aspecto forestal, se puede decir que el ritmo ha sido inverso. Desde principios de siglo se venían repoblando zonas importantes, incrementándose tales actividades hasta alrededor de los setenta, en que dicha labor empezó a ralentizarse, sin que los esfuerzos posteriores, muy importantes, hayan conseguido superar los daños causados por los incendios forestales que hoy en día siguen azotando el país.

#### **4. EROSIÓN, SEDIMENTOS Y PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA**

Hace años, al cultivarse terrenos con fuertes pendientes, se percibía una pérdida de productividad a causa de los fenómenos erosivos, problema que había que combatir. De hecho, en los primeros tiempos de la conservación del suelo en España era fundamental el objetivo de la defensa de estos terrenos, por ser los más amenazados y, paralelamente, el hombre que vivía sobre ellos el que corría mayor peligro. Ahora la amenaza no es solo la erosión, sino el tener que

abandonar tales tierras por su baja rentabilidad; lo cual no quiere decir que los fenómenos erosivos, no sigan afectando a los terrenos que siguen en cultivo, sino que se han hecho mas solapados y tal vez por ello y a largo plazo, mas peligrosos.

Es sumamente aleccionador observar cómo interactúan las gotas de lluvia con la tierra (no es lo mismo que esté dura que recién labrada) y ver cómo se acumula el barro formado por las partículas arrancadas en las pequeñas depresiones del terreno que, cuando se llenan, terminan por desbordarse. Ayudan a entender muy bien lo que es la «erosión laminar», traidor fenómeno que solo desde muy cerca se puede observar y que solo un experto puede detectar sobre el terreno. También muestra que el barro a que se ha hecho mención, está constituido por lo mejor del suelo: las micelas de arcilla y los elementos fertilizantes en suspensión o disolución.

Si se sigue con la simplificación de medir la erosión en toneladas por hectárea sin más precisiones, nos encontraremos que en muchos sitios, por ejemplo en los regadíos o zonas relativamente llanas, son pocas y la intensidad del fenómeno aparentemente de escasa importancia. Pero aquí se plantea la pregunta: ¿Qué es mas grave, perder 200 tm/ha de un cerro pedregoso y degradado del Levante o 10 tm/ha en la vega de Córdoba?

Lo primero se podría, tal vez, aprovechar por cribado para obtener arenas o gravas utilizables en construcción; lo segundo, olvidemos las micelas tan importantes para la buena estructura y fertilidad del suelo, y pensemos que alrededor de un cinco por ciento son elementos fertilizantes, ¡media tonelada de abonos! y en una forma mucho mas interesante que éstos, es decir ya absorbidos e incorporados al suelo. Simplemente aplicando precios, se llegará a la solución, y podrá verse que el simple dato del peso, puede dar una errónea información sobre las pérdidas que en realidad se han tenido.

## 5. EROSIÓN, HIDROLOGÍA Y ATERRAMIENTO DE EMBALSES

El agua y la forma como desciende de las nubes, es el agente erosivo más determinante

en nuestro país. Al caer, producirá inevitablemente sobre el suelo una «erosión total» mas o menos importante según sus características y vegetación presente, y ello es inevitable aunque pueda paliarse mejorando la cubierta vegetal; pero en lo que se puede también intervenir es en su «coeficiente de emisión», es decir lo que realmente pierda el suelo.

Para ello, se puede actuar, como hemos visto, sobre la capacidad de infiltración, para que circule menos agua; sobre la pendiente, con nivelaciones o aterrazados; y sobre la longitud de la pendiente, a través de los propios aterrazados o cualquier tipo de discontinuidad. Estas actuaciones juntamente con la mejora de la cubierta vegetal, por su propia naturaleza, son de carácter hidrológico y contribuyen a que el hidrograma de los caudales que circulan por un cauce, presenten un pico menos acentuado y por tanto menos peligroso.

Una adecuada defensa del suelo en una cuenca prolonga, pues, el período de concentración de las aguas –alarga el hidrograma– y por tanto aminora la peligrosidad de las avenidas que puedan producirse. Por tanto la conservación del suelo, aun con el objetivo prioritario de la defensa del suelo en toda su integridad, conlleva una amplia gama de efectos beneficiosos, entre los cuales el relativo al agua es el más destacable, ya que no solo contribuye a la regulación de los caudales de la red hidrográfica, sino que al mejorar la infiltración, se incrementa la circulación subsuperficial y se realimenta la subterránea.

Todo ello lleva a un mejor aprovechamiento de las precipitaciones, tan necesaria en nuestro país, y a una reducción de su peligrosidad en el caso de tormentas. Pero además hay un aspecto que aquí no consideramos, aunque sea muy importante, cual es el tema de la calidad del agua. Al existir una mayor proporción de agua circulando a través del suelo, su calidad queda muy mejorada al salir de nuevo a los cauces.

En relación con el mejor aprovechamiento del agua y con independencia de los efectos antes citados, está la enorme repercusión de la aminoración de los sedimentos arrastrados

en los cauces, cuando éstos van a parar a un embalse. Son múltiples los estudios hechos y los que están en curso para evaluar, cada vez con mejor precisión, los aportes sólidos a nuestros embalses que, aunque parece que son menores que los inicialmente previstos, siguen teniendo una gran importancia, por afectar a su vida útil.

En efecto, se estima que, en el supuesto de que los programas de conservación de presas sigan cumpliendo en el futuro el objetivo de mantener éstas en óptimas condiciones, por medio de las oportunas obras de reparación, refuerzo e incluso reposición de aquellos elementos que lo requieran, el factor más restrictivo en la duración de la vida del embalse (binomio presa-vaso) o, al menos, que más puede condicionar su funcionalidad es la disminución de su capacidad por aterramiento. En todo caso, esta pérdida significa un coste, por agotamiento de la infraestructura que configura la oferta básica, es decir, supone un consumo de capital.

La capacidad natural de transporte sólido de las corrientes fluviales se ve interrumpida por la construcción de las presas, provocando el depósito de los materiales arrastrados y la sedimentación de los sólidos en suspensión en el vaso del embalse. La eficiencia de un embalse en la retención de los sedimentos que le llegan obedece a procesos cuya dinámica es compleja, produciéndose en su mayor parte en la cola del embalse y disminuyendo conforme se avanza hacia la presa.

Aunque existen varios modelos que pretenden simular el fenómeno, puede decirse que depende de la cantidad y características de éstos, del régimen hídrico (torrencialidad), de la relación entre la capacidad de embalse y las aportaciones hídricas anuales y, en gran medida, de las operaciones efectuadas con los distintos desagües y aliviaderos durante la explotación del embalse. La evolución temporal del proceso sigue una curva decreciente, aproximadamente exponencial.

En una colaboración que desarrollé para la Dirección General de Planificación Territorial del MOPTMA se estudió y cuantificó el orden de magnitud en que podía situarse este problema en los embalses españoles, a partir de un ajuste de los resultados obtenidos, según el método de F. Fournier, para la

Degradación específica, en las cuencas vertientes de unos 300 embalses peninsulares y las mediciones batimétricas realizadas por el Centro de Estudios Hidrográficos en otros 85 embalses (no se disponían suficientes datos significativos de la Cornisa Cantábrica).

Una vez calibrado el ajuste, se agregaron los resultados obtenidos y se extendieron a la totalidad de los 983 embalses inventariados en la España peninsular (915 en explotación y 68 en construcción). El Cuadro 1 (Pérdida anual de capacidad de embalse) y Gráfico 1 (Disminución de la capacidad actual de embalse por aterramiento) resumen las principales conclusiones al respecto. Se hace notar que las tasas anuales de pérdida de capacidad que se recogen en el cuadro, calculadas, supuesto lineales, para el periodo de las próximas décadas, reflejan la magnitud del fenómeno para dicho periodo, que aunque corto para el fenómeno que se trata es muy superior al anual, por lo que son ligeramente inferiores a las tasas observadas en la actualidad algunas cuencas, debido a que como se ha dicho, el proceso se amortigua con el tiempo.

En relación con la aplicabilidad del método de Fournier al caso de los embalses españoles y las correcciones que ha sido preciso efectuar al mismo, es oportuno señalar que se fundamentan en las siguientes consideraciones:

- Fournier, que se basó en dos parámetros básicos: torrencialidad de la lluvia y accidentalidad del relieve, concibió su modelo para evaluar la cantidad de sedimentos que vertían los ríos del mundo a los océanos. En este caso, gran parte del resto de factores intervinientes se compensaban; pero siempre bajo el supuesto de comprender cuencas vertientes con superficie en torno a los 2000 km<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta estas precisiones, se acepta la equivalencia de desembocar en el mar con desembocar en un embalse y se corrige el factor escala por medio de los coeficientes oportunos.

- Se ha afrontado la estimación del fenómeno fraccionado la península en cuencas hidrográficas, a fin de valorar mejor la pertenencia a la vertiente atlántica o mediterránea (relevante a efectos de densidad de sedimentos, fracción retenida, torrencialidad, etc.).

**CUADRO I. Pérdida anual de capacidad de embalse**

Cuencas hidrográficas	Capacidad actual			Pérdida anual de capacidad de embalse	
	En Explotación (hm <sup>3</sup> )	En Construcción (hm <sup>3</sup> )	Total (hm <sup>3</sup> )	(hm <sup>3</sup> )	(%)
Norte (Incluido Galicia-Costa)	4354,39	46,20	4400,59	4,40	0,100
Duero	7465,80	202,38	7668,18	7,19	0,094
Tajo	11004,56	124,12	11128,68	12,61	0,113
Guadiana	7658,05	1221,58	8879,63	17,78	0,200
Guadalquivir	6748,11	2150,10	8898,21	19,71	0,221
Sur	1148,98	1,35	1150,33	4,88	0,424
Segura	1093,50	79,98	1173,48	3,57	0,304
Júcar	2841,95	520,02	3361,97	2,19	0,065
Ebro	6572,93	460,41	7033,34	2,68	0,038
Cuencas internas de Cataluña	692,22	80,45	772,67	2,95	0,382
<b>TOTAL</b>	<b>49580,49</b>	<b>4886,59</b>	<b>54467,08</b>	<b>77,96</b>	<b>0,129</b>

- El período al que se extienden las observaciones batimétricas es excesivamente corto para asegurar mediciones y por consiguiente estimaciones fiables, puesto que no se recogen los aguaceros extremos, principales agentes causantes de la erosión. En la realización del estudio, este aspecto también fue corregido respecto a lo que disponía la metodología original.

Es de esperar que el abandono de tierras agrícolas, que generalmente eran las más proclives a la erosión, sea otro factor que contribuya a aminorar el problema en forma sensible.

En último lugar, merece la pena hacer mención a los problemas planteados por el crecimiento de los núcleos urbanos y de la red viaria. Puede parecer que el hecho de que el suelo quede bajo un edificio, una calle o una autopista, garantiza la protección del mismo, y así es, en cierta forma, pero su presencia da lugar a alteraciones del sistema hidrológico que pueden provocar erosiones mayores en otros lugares. En efecto, el simple hecho de cubrir el suelo debe hacer pensar que se ha anulado la capacidad de infiltración de estas superficies que, si antes y en el caso de tormentas, podía estar entre un 40-50%, después, no absorben nada, con lo cual la cantidad de agua a eliminar por lo menos se habría duplicado.

A ello hay que añadir que, naturalmente, la circulación de aguas se produce primero en

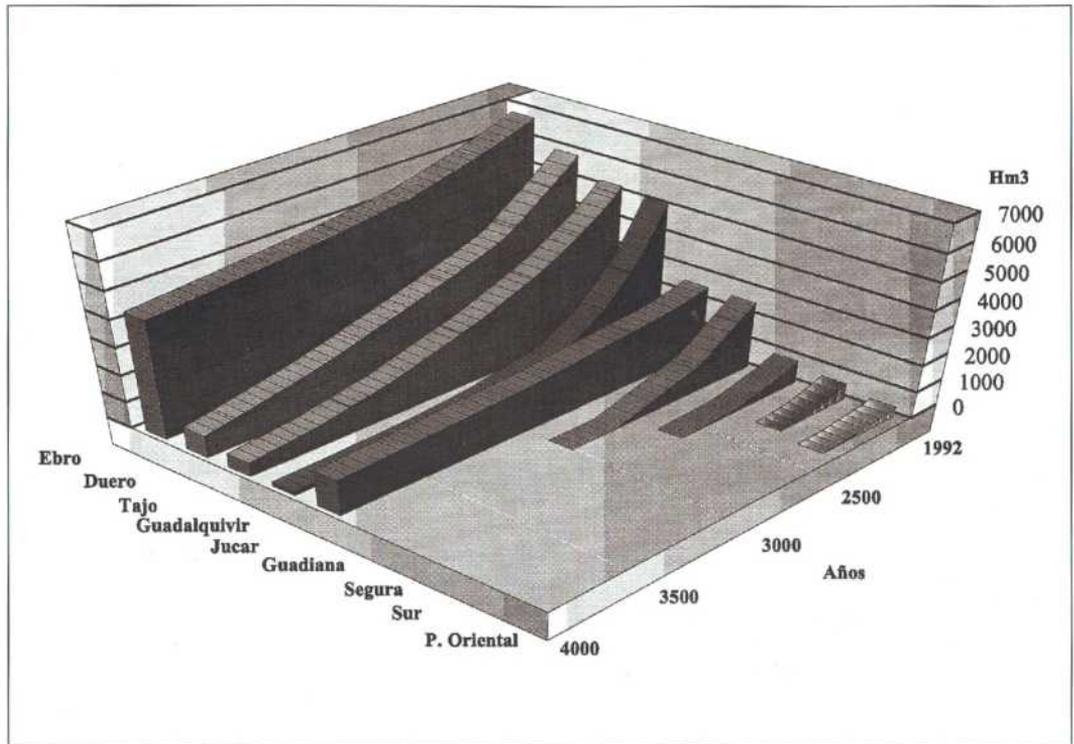
una densa red de canaliculos los cuales se van juntando en cauces cada vez más importantes. Un núcleo urbano hace desaparecer toda esta red, y de acuerdo con su configuración concentra el agua por algunas calles hasta devolverla al campo en forma de cauce que podría no encontrar continuación y arrastrar todo lo que encuentra a su paso.

Si se piensa en las vías de comunicación, con el consiguiente efecto barrera sobre las corrientes de agua en muchos casos y las superficies que se han urbanizado en los últimos años, no sólo en los pueblos y ciudades sino en las numerosas urbanizaciones, se llega a la conclusión de que el régimen hidrológico se ha visto sometido a profundas alteraciones.

## 6. LA DESERTIFICACIÓN

Sólo una breve referencia, porque el tema precisaría sin duda una extensión mucho mayor que la que dispongo, para exponer el problema de la desertificación. Tal vez el error más difundido con respecto al mismo sea su carácter de irreversible, probablemente porque la palabra induce a pensar en un desierto y por asociación de ideas a un mar de arenosas dunas.

En distintas ocasiones, he mantenido la idea de su reversibilidad, apoyada no en



**GRÁFICO 1.** Disminución de la capacidad actual de embalse por aterramiento.

conceptos teóricos sino en ejemplos reales de los que en España tenemos varios, y uno muy relevante: el Campo de Dalías; un desierto pedregoso que gracias a una técnica (los enarenados), una fuerte aportación de capital generalmente privado y, sobre todo, un dinamismo encomiable en técnicos y empresarios agrícolas; en pocos años se ha visto convertido en un mar de plástico protegiendo cultivos de primor que proporcionan magníficas y exportables cosechas.

Normalmente, a un ecosistema que se pueda calificar de amenazado por la desertificación, lo que le ocurre es que la presión humana sobre él es excesiva. Si se llega al final del proceso, el ecosistema deja de funcionar para aquello que de él se pretendía obtener. Esto no quiere decir que esté muerto o perdido, sino que espera el que se le pidan objetivos menos exigentes para poder funcionar en un nivel más bajo o

que se le dediquen especiales atenciones que, incluso, le puedan llevar a un nivel mucho más alto, como es el caso antes expuesto. Por ello, cuando la desertificación amenaza a zonas concretas de un país el problema tiene solución, en la mayoría de los casos, aunque su coste inicial pueda ser muy elevado.

También puede suceder que, cuando la desertificación ha llegado a un determinado nivel, la población que lo explota, decida más o menos súbitamente su abandono. Lo que ocurre entonces es que la zona se desertiza, lo cual, con el paso de los años, suele permitir al dañado ecosistema reponer sus fuerzas y aptitudes. El proceso es mucho más lento, pero también es una prueba de la reversibilidad del proceso aunque sea a largo plazo. Como ejemplos de ello, pueden citarse zonas abandonadas de los valles pirenaicos, cuya vegetación va recuperándose al no estar sometida a la presión ganadera anterior.