

Desertización por aridez edáfica

*Andrés Martínez de Azagra Paredes y
Mónica Calvo Polanco
Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología
E. T. S. de Ingenierías Agrarias
Avenida de Madrid, 57 34001 Palencia*

1. Introducción

Desertización (o desertificación) es un sinónimo de degradación del suelo que puede deberse a diversas causas en las que el hombre casi siempre está implicado (salinización y alcalinización de suelos por regadíos, contaminación por lluvias ácidas, urbanización, asfaltado, compactación, formación de corazas, tasthanas, erosión hídrica y erosión eólica).

En España, el proceso de desertificación por erosión hídrica es el que más incidencia tiene. Una escasa cobertura vegetal suele ser el factor desencadenante; un cambio de usos del suelo la forma de invertir el proceso.

A este esquema clásico para describir y solucionar el fenómeno conviene agregar el que aquí desarrollamos: La erosión hídrica se debe antes que nada a una disminución ostensible de la capacidad de infiltración que conduce a edafoclimas muy áridos, incapaces de sustentar una adecuada vegetación protectora. En consecuencia, la solución más inmediata para frenar procesos graves de desertificación por erosión hídrica en climas mediterráneos pasa por incrementar la infiltración del ecosistema mediante trampas de agua convenientemente dimensionadas y distribuidas. Sólo en estos lugares es donde podrá arraigar la vegetación implantada si el proceso de desertización está muy avanzado.

2. Descripción del proceso y sus causas

La capacidad de infiltración de un suelo mineral se ve notablemente incrementada con la presencia de materia orgánica, con la adición de residuos vegetales, por la cobertura de hojarasca o tamuja y por la acción de las raíces de las plantas. Este efecto es notorio en cualquier tipo de textura pero especialmente ostensible en suelos arcillosos con tendencia a la formación de tasthanas (= costras superficiales). Así, los suelos limoso-arcillosos alcalinos resultan los más frágiles en este sentido.

En una ladera y ante un aguacero, siempre que la intensidad de lluvia supere a la tasa de infiltración del suelo, se produce escorrentía superficial. La primera consecuencia de este fenómeno es que la ladera no aprovecha (infiltra) toda el agua caída. El edafoclima del lugar se aridifica con relación al de un terreno llano.

Especialmente en años secos y con las lluvias mal distribuidas (escasas e intensas a la vez) el terreno reduce su cubierta vegetal con lo que se vuelve más vulnerable frente a la erosión hídrica, proceso degradador que actúa con más fuerza cuanto más escorrentía se genere en la ladera. Se comprende que el proceso se suela retroalimentar.

La disminución de la vegetación como consecuencia de sequías prolongadas puede producirse de manera súbita por incendios, plagas,

enfermedades, sobrepoblación de herbívoros o por intervención directa del hombre (roturación de bosques, cambio de cultivos, sobrepastoreo, minería a cielo abierto, obras de ingeniería civil, abandono de tierras agrícolas muy marginales, reforestaciones recientes con mucho movimiento de tierras, presión antrópica en zonas periurbanas, etc.). El ecosistema queda predispuesto a una crisis erosiva que –de suceder– empobrecerá el suelo pudiendo llegarse a un nivel de desertificación que precise muchos decenios para su recuperación.

3. Índices de diagnóstico y remedios

Una red de drenaje densa con infinidad de regueros de erosión, la aparición o el avance de cárcavas, una vegetación muy rala y alejada de la clímax, el descalce de raíces leñosas, etc. pueden ser indicios reveladores del proceso. Para averiguar sobre el tiempo que lleva actuando el fenómeno resultan de gran interés las consultas a los lugareños así como la comparación de fotografías de la zona en distintas épocas (por ejemplo: fotografías aéreas).

Sin ánimo de exagerar, son miles las laderas deforestadas en nuestra comunidad autónoma las que están amenazadas por este fenómeno, en especial los eriales en solana aprovechados como pastaderos esporádicos de ovejas y cabras en lugares con pluviometría exigua y bajo litosuelos margosos. Bueno sería que se interviniese en ellos incrementando su cobertura vegetal mediante repoblación forestal, aprovechando las medidas complementarias de la P.A.C. Una buena planificación del territorio y una acertada política medioambiental debería priorizar estos terrenos marginales a la hora de subvencionar ayudas para la forestación.

En tales laderas la preparación del suelo para la repoblación forestal debe ser muy cuidadosa, tanto más cuanto más degradadas se encuentren y cuanto menor sea la pluviometría del lugar. El movimiento de tierras y la remoción del suelo deben minimizarse. Sin embargo, al estar el ecosistema muy degradado y para facilitar el arraigo y primer crecimiento de la vegetación implantada interesa modificar el microrrelieve. Al crear pequeñas trampas de agua (alcorques o microembalses) en los alrededores del repoblado se consigue que toda el agua de lluvia se aproveche, con la ventaja adicional de estar concentrando la infiltración en dichas zonas. La importancia táctica de este hecho a la hora de reforestar zonas áridas es evidente pero conviene recalcar que el movimiento de tierras deberá ser siempre el mínimo imprescindible.

Hay que proyectar la reforestación con esmero. Así, el tamaño de las pocetas o caballones a realizar en la ladera deberá ajustarse a las necesidades del ecosistema, es decir: deberá basarse en la economía del agua. De acuerdo con esta idea hemos desarrollado un modelo general sobre disponibilidades hídricas en ladera (Martínez de Azagra, 1995) que hemos particularizado para el método del número de curva y que ha sido informatizado recientemente (M. de A., 1996). A nuestro juicio, el enfoque de la preparación del suelo como un diseño de sistemas de recolección de agua debe prevalecer en muchas de las intervenciones forestales de repoblación.

4. Ejemplo

Con el fin de concretar la metodología hemos estudiado unas laderas degradadas en el término municipal de Valoria La Buena (Calvo, 1996). La vegetación en dichas laderas es bastante rala pudiéndose asimilar a un pastizal de condición hidrológica pobre creciendo en un litosuelo. Su número de curva (en condiciones medias de humedad) lo ciframos en 90, lo que equivale a un umbral de escorrentía de 5,6 mm. Siempre que el registro de precipitación diaria supere ese valor, parte de la lluvia escurrirá superficialmente, hecho éste que se produce con bastante frecuencia lo que redundará en un edafoclima más árido que el que puede existir en un terreno llano y –no digamos– en una zona que reciba y retenga dicha escorrentía.

Por contra y para el mismo tipo de relieve y clima la vegetación potencial se corresponde con un bosque mixto de encinas, quejigos y/o enebros al que cabe asignar un número de curva de 44 (o lo que es lo mismo: un umbral de escorrentía de 64,7 l/m²). Por ajuste de las precipitaciones máximas anuales de la zona a la distribución de Gumbel podemos interpretar el mencionado umbral de escorrentía: en el bosque climácico sólo se produce escorrentía superficial con un periodo de retorno superior a los 300 años, es decir: el bosque actúa como una esponja perfecta que intercepta e infiltra todo el agua de lluvia, a excepción de tormentas harto infrecuentes.

Para reforestar estas laderas degradadas hemos concebido dos sistemas de preparación del suelo clásicos, económicos, de mínimo impacto, técnicamente viables y efectivos pero con el objetivo prioritario de que atiendan a la imperiosa necesidad de aprovechar todo el agua de lluvia desde un primer momento, tal y como hace el bosque maduro de la zona.

El primer esquema de actuación consiste en una repoblación en microcuencas con una densidad de plantación de 1000 pies/ha con una banqueta de 1 m² en la que hay que perfilar una trampa de agua del tamaño apropiado. Para simular el funcionamiento hidrológico de la unidad sistematizada descrita hemos trabajado con los datos de entrada que se concretan en el anexo I.

Como resumen de los resultados que se obtienen con el programa informático MODIPÉ ofrecemos la siguiente tabla en la que se relacionan la capacidad del microembalse con el número de curva equivalente conseguido, con la precipitación límite de la microcuenca (en condiciones medias de humedad) y con el periodo de retorno asociado.

CAPA (en l)	0	50	100	150	200	250	300	350	400
NEQ	90	71	64	59	55	52	49	46	44
P. límite (mm)	5,6	20,3	28,2	35,0	41,4	47,5	53,4	59,1	64,7
T (años)	---	1,1	2	5	11	26	61	138	311

De acuerdo con esta tabla, un número de curva (*NEQ*) igual al del bosque climácico (44) se consigue para una capacidad de embalse de 400 litros, es decir: para una altura de muretes de 40 cm. Sin embargo, el tiempo de embalse se prolonga en exceso (unas 35 horas; véase el apéndice III en donde se describe este cálculo) lo que desaconseja esta solución (por riesgo a problemas de anoxia en las raíces de los brinzales). A esta razón cabe agregar otras muchas, tales como la conveniencia de minimizar el movimiento de tierras, de reducir el riesgo de rotura de las

represas, de aminorar el impacto visual de la preparación del suelo, etc. Además, debemos indicar que ni siquiera el bosque climácico es capaz de infiltrar $64,7 \text{ l/m}^2$ en un día, puesto que una parte no despreciable de la precipitación es interceptada y no llega a alcanzar el suelo bajo una masa arbórea densa.

La decisión sobre el tamaño de los alcorques a formar en la ladera puede basarse en los datos de la tabla anterior. Según nuestro criterio, una trampa de agua de 200 litros en cada banqueta debe bastar para emprender con éxito la restauración de las laderas analizadas [$CAPA = 200 \text{ l} \Rightarrow NEQ = 55$; $P. \text{ límite} = 41,4 \text{ l/m}^2$; periodo de retorno de 11 años; muretes de 20 cm y *tiempo máximo de embalse* = 17,4 horas].

El segundo esquema de actuación consiste en un subsolado lineal siguiendo las curvas de nivel con un apero de dos rejonos separados 2 metros. La densidad de plantación se fija en 1600 pies/ha; la distancia entre la línea superior e inferior de dos pases consecutivos es de 3,12 m y la separación media entre plantas adyacentes dentro de una misma línea de 2,44 m.

Se desea perfilar un caballón [mediante unas aletas acopladas a los brazos del subsolador] que tenga la altura adecuada para reducir la escorrentía al máximo. Para ello hemos utilizado el programa MODIPÉ. Trabajando con los datos de entrada de la sistematización descrita (se incluyen con mayor detalle en el anexo II) y exigiendo un número de curva equivalente de 55 (igual al logrado con la preparación del suelo anterior) se llega a que la altura del caballón debe ser de 17 cm, dato de sumo interés para realizar una buena labor en la ladera.

Analizando la serie de precipitaciones ocurrida durante los últimos 33 años en la zona y operando con el modelo MODIPÉ, podemos cuantificar el grado de aridificación que padece la ladera actual y los efectos beneficiosos que generamos con las pequeñas trampas de agua diseñadas.

Mientras que la precipitación media anual en la zona es de 413,5 mm, la ladera aprovecha unos 388 mm. Esta diferencia puede parecer escasa (6,2%) pero es, en todo caso, bastante significativa para un clima mediterráneo árido. Por otro lado, debemos aclarar que al analizar el dato promedio las diferencias se atenúan (por ejemplo: en la serie estudiada, la diferencia llega a ser próxima a los 100 l/m^2 en dos ocasiones).

En cuanto al efecto beneficioso de la preparación del suelo con microcuencas de 10 m^2 y una capacidad del alcorque de 200 litros, podemos indicar que:

a) la ladera sistematizada aprovecha (infiltra) la práctica totalidad de la lluvia caída [tan sólo se produce un episodio de lluvia que excede la capacidad del microembalse en 33 años, lo que se traduce en una precipitación media anual infiltrada de 412,4 mm].

b) el microclima de la banqueta es mucho más húmedo que el de un terreno horizontal gracias a los aportes de escorrentía recibidos del área de impluvio ($621,2 \text{ l/m}^2$ frente a los 413,5 mm registrados de media en un pluviómetro). Esta mayor disponibilidad hídrica puede ser crucial para el éxito de la reforestación de la ladera a emprender. Conviene significar que en todos los años analizados se obtiene cosecha de agua siendo las estaciones de otoño y primavera las más efectivas en cuanto a la recolección obtenida.

Resultados similares, que apuntan en igual dirección, cabe inferir para el subsolado profundo con acaballonado descrito como segunda alternativa.

5. Conclusiones

Desertificación por aridez edáfica y por erosión pueden considerarse como sinónimos aunque a nuestro juicio sea el primer enfoque más certero e inmediato para tratar de entender y revertir el proceso.

Este tipo de desertificación tiene una gran incidencia en climas mediterráneos siendo –por desgracia– frecuente en las regiones secas de Castilla y León.

La forma de invertir el proceso consiste en densificar la cobertura vegetal. En laderas con pendientes pronunciadas la mejor solución suele concretarse en una reforestación.

Para el éxito de la misma la preparación del terreno ha de proyectarse de manera cuidadosa prestando especial atención al microrrelieve a conformar. Para este cometido y para diagnosticar el proceso desertificador en la ladera, el programa informático MODIPÉ constituye una buena herramienta de apoyo.

6. Bibliografía

Calvo Polanco, M. (1996): Restauración de la vegetación en las laderas de Valoria La Buena; Proyecto Fin de Carrera en la E.T.S.II.AA de Palencia

Martínez de Azagra Paredes, A. (1995): Modelo para la estimación de las disponibilidades hídricas en ladera; 224 p.; Tesis Doctoral en la E.T.S.I. de Montes de Madrid (inédita)

Martínez de Azagra Paredes, A. (1996): Diseño de sistemas de recolección de agua para la repoblación forestal; 90 p. más disquete; ed. Mundi-Prensa (Madrid) [en prensa]

Anexo I Microcuencas

- Número de curva de la ladera actual = 90 (se corresponde con un pastizal de condición hidrológica pobre sobre un suelo de tipo *D* [en la tabla general para la determinación del número de curva aparece $N = 89$; en la tabla para zonas áridas y semiáridas, $N = 93$] {véase M. de A. (1996)})
- Número de curva del bosque climácico = 44 (bosque con una condición hidrológica muy buena bajo un suelo de tipo *B*)
- Tamaño de cada microcuenca: $S = 10 \text{ m}^2$ ($= \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{número de pies/ha}}$)
- Área de recepción (banqueta): $S_2 = 1 \text{ m}^2$
- Área de impluvio (= área productora): $S_1 = 9 \text{ m}^2$ (= $S - S_2$)
- Número de curva del área de impluvio = 90 (igual al de la ladera actual degradada)
- Número de curva del área de recepción = 90 (hipótesis del lado de la seguridad a la hora de estimar la eficacia de esta preparación del suelo dado que suponemos que el laboreo de la banqueta no resulta eficaz para aumentar la capacidad de infiltración)
- Capacidad del microembalse = 0, 50, 100, hasta 400 litros [valor final sugerido: $CAPA = 200 \text{ l}$]

Anexo II Subsolado lineal

- Tamaño de cada unidad sistematizada: $S = 6,25 \text{ m}^2$

$$(S = \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{número de pies/ha}})$$

- Área de recepción (banqueta): $S_2 = 0,73 \text{ m}^2$
 $S_2 = k \cdot b \cdot l$, siendo: k un factor próximo a la unidad ($k \geq 1$)
 b el ancho del brazo del subsolador
 l la longitud de línea que corresponde a cada planta
 $S_2 \approx 1,2 \cdot 0,25 \cdot 2,44 = 0,73 \text{ m}^2$
- Área de impluvio (= área productora): $S_1 = 5,52 \text{ m}^2$ (= $S - S_2$)
- Número de curva del área de impluvio = 90 (igual al de la ladera actual degradada)
- Número de curva del área de recepción = 86 (número de curva correspondiente a un pastizal en condición hidrológica pobre creciendo en un suelo de tipo C, mejorado gracias a la labor profunda del subsolador)
- $CAPA \approx H \cdot S_2$, siendo H la altura del caballón o la depresión de la poceta conseguida con el subsolado [valor final sugerido: $CAPA = 125$ litros, lo que equivale a una altura de $H = 17 \text{ cm}$]

... Nota: Una diferencia importante a la hora de interpretar los resultados que ofrece el programa MODIPÉ para microcuencas y subsolado es la que se refiere al microclima del área de recepción. Para el caso de banquetas amplias el dato tiene mucha más significación, ya que en las primeras etapas de crecimiento la planta va a disfrutar de dicho microclima. No ocurre lo mismo con el subsolado lineal dado que la forma del área de recepción 'obliga' casi de inmediato al repoblado a prospectar zonas del área de impluvio.

Anexo III Otros datos de interés

-A- Estación meteorológica utilizada

- ✓ Venta de Baños; código: *MO2403*
- ✓ Serie pluviométrica de los años 1961 hasta 1994
- ✓ Datos de entrada para MODIPÉ: Valores de precipitación mensual, precipitación máxima diaria del mes y número de días del mes con precipitación apreciable

-B- Datos texturales del suelo de la ladera (según el USDA)

- ✓ Porcentaje de arena: *58,65%*
- ✓ Porcentaje de limo: *30,90%*
- ✓ Porcentaje de arcilla: *10,45%*

-C- Tiempo máximo de embalse (después de un aguacero)

El tiempo máximo de embalse (tras un episodio de lluvia) se estima suponiendo el microembalse lleno y una tasa de infiltración mínima, mediante la fórmula:

$$t_{m\acute{a}x} \leq \frac{H}{f_c}$$

siendo: H la altura de los muretes del microembalse ($\approx \frac{CAPA}{S_2}$)

f_c la tasa de infiltración mínima del suelo

A partir de la textura del suelo y en primera aproximación, se puede obtener la permeabilidad o conductividad hidráulica a saturación. Para los datos texturales anteriores resulta:

$$k_s \approx 2,3 \text{ cm/h}$$

Por otro lado, la tasa de infiltración final o mínima (f_c) se puede estimar a partir de la permeabilidad, siendo siempre inferior a ésta. Si usamos la relación de Bouwer: $f_c \approx 0,5 \cdot k_s$, nos queda:

$$f_c = 1,15 \text{ cm/h}$$