

RESTAURACIÓN DE LOS SUELOS Y DE LA VEGETACIÓN EN LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN

Jorge Mongil Manso¹ y Andrés Martínez de Azagra Paredes²

¹ Grupo de Hidrología y Conservación de Suelos. Universidad Católica de Ávila. Canteros s/n. 05005-ÁVILA (España). Correo electrónico: jorge.mongil@ucavila.es

² Unidad de Hidráulica e Hidrología. E.T.S. Ingenierías Agrarias (U. de Valladolid). Av. de Madrid 44. 34004-PALENCIA (España). Correo electrónico: amap@iaf.uva.es

Resumen

La desertificación es un problema ambiental grave, que afecta fundamentalmente al suelo, ya que supone la degradación de este recurso natural tan importante, viéndose mermada su capacidad productiva y su valor como soporte de vegetación natural diversa y evolucionada. Los suelos que pueden ser desertificados en muchos casos están predispuestos a ello, ya sea por razones naturales o por actuaciones antrópicas: aridez climática y edáfica, erosión, destrucción de la vegetación, etc. Para evitar la degradación del suelo o restaurarlo desde una situación de degradación, es necesario revertir el proceso negativo y retroalimentado. Es necesario recuperar la funcionalidad perdida del suelo, recuperando su capacidad de infiltrar agua y acoger nutrientes, para restaurar posteriormente una vegetación leñosa, que a su vez actúe como motor de la restauración, formadora de suelo maduro y protectora de a degradación. En este trabajo se propone una metodología para dimensionar el microembalse o alcorque de la preparación del suelo en la restauración de la vegetación en la conservación de suelos.

Palabras clave: *Restauración forestal, Desertificación, Oasificación*

INTRODUCCIÓN

La desertificación provoca toda una problemática social, económica y, por supuesto, ecológica, que trasciende del ámbito regional o nacional. Los ecosistemas secos, los más sensibles a este problema, ocupan un 41,3% de la superficie terrestre, y en ellos habita cerca del 35% de la población mundial. Durante las últimas décadas, la degradación de estos ecosistemas, acentuada en parte por la ocurrencia de fuertes sequías, ha llegado a niveles alarmantes, fundamentalmente por sus consecuencias sociales de migración y pobreza. Un tercio de la superficie terrestre está amenazado por la desertificación, y más de 110 países

están afectados por este problema, entre ellos, los países ribereños del Mediterráneo, y especialmente España. Nuestro país, junto a otros 190, se ha adherido a la Convención de Naciones Unidas Contra la Desertificación (UNCDD), creada para abordar y atajar esta problemática. La UNCDD supone un marco político e institucional adecuado. No obstante, cada vez es mayor la necesidad de un conocimiento científico y técnico que permita orientar y resolver problemas concretos a nivel local y global.

La condición de aridez atribuida a una zona de la superficie terrestre se corresponde con una falta de agua disponible para los seres vivos, que se debe a factores meteorológicos ligados a una

zona geográfica concreta y tiene un carácter permanente (PORTA et al., 1999). Unas condiciones generalizadas de aridez favorecen la degradación del territorio, debido al desarrollo y potenciación de mecanismos de desertificación.

La desertificación puede definirse como un proceso complejo que reduce la productividad y el valor de los recursos naturales, en el contexto específico de condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de variaciones climáticas y actuaciones humanas adversas (UNCCD, 1994). Este concepto de desertificación fue introducido por AUBREVILLE (1949), aunque ha sido desde entonces controvertido e incluso mal utilizado. En español es equivalente al de desertización, que según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua es la “acción y efecto de desertizar”. Desertizar, por su parte, significa “convertir en desierto, por distintas causas, tierras, vegas, etc.”. No obstante, y aunque en este trabajo se emplearán indistintamente ambos términos, algunos autores, como GARCÍA CAMARERO (1989), estiman que existe una diferencia entre desertificación y desertización, que consiste en que esta última está causada exclusivamente por agentes naturales.

LOS SUELOS Y LA DESERTIFICACIÓN

La desertificación es un proceso que significa degradación de los suelos de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, motivada por diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Por lo tanto, no es un problema meteorológico o ambiental aislado (como puede ser la sequía o la desaparición de una especie vegetal) en un territorio más o menos extenso, sino que, como argumenta LÓPEZ BERMÚDEZ (2001), es una patología surgida de la ruptura del equilibrio entre el sistema de producción de los geosistemas naturales y el sistema de explotación humana. Las principales consecuencias de la desertificación, relacionadas con el suelo son, siguiendo a este autor:

- Alteraciones en la regulación del ciclo hidrológico, especialmente en lo que se refiere a escorrentía e infiltración.
- Degradación de la cubierta vegetal y reducción de la biomasa. Deterioro del bosque,

que es sustituido por formaciones secundarias de arbustos y matorral, cada vez más abiertas, que pueden desaparecer. Cambio de la composición florística, favoreciendo a especies propias de suelos degradados.

- Deterioro e incluso pérdida de la estabilidad estructural del suelo y formación de compactaciones y costras. Reducción de la porosidad, capacidad de infiltración y contenido de humedad del suelo, a la vez que aumenta la escorrentía superficial y su capacidad erosiva.
- Degradación biológica del suelo: pérdida de nutrientes en calidad y cantidad.
- Aceleración de la erosión eólica e hídrica. Pérdida de los horizontes superiores y posible afloramiento de la roca madre.
- Pérdida de la base de sustentación de las raíces de las plantas.
- Aparición y proliferación de incisiones erosivas en el terreno (surcos, cárcavas, etc.), movimientos en masa en laderas, hundimientos y generalización de la morfología abarrancada (malpaíses, lo que en la bibliografía anglosajona se denomina bad-lands).

Un ecosistema está predisposto a ser desertificado cuando posee una baja capacidad de infiltrar agua. En muchas ocasiones, el desencadenante de la desertificación es una precipitación intensa, que es tanto más baja y probable cuanto más deteriorado esté el ecosistema. En la mayor parte de los casos, el hombre es el responsable, a través de incendios forestales, sobrepastoreo, explotación abusiva de las tierras, riegos inadecuados, compactaciones, urbanizaciones, etc. Un aguacero de alta intensidad puede ser suficiente para deteriorar una ladera de forma prácticamente irreversible, arrastrando su suelo fértil (rico en materia orgánica y nutrientes) hasta las zonas más bajas.

La infiltración es la componente principal del ciclo hidrológico, es la que regula los flujos y destinos del agua de lluvia. Es la que posibilita la vida a las plantas (y con ello a toda la biodiversidad que albergan dichas plantas), es la que alimenta los acuíferos y manantiales, la que controla la escorrentía, la que atenúa o acentúa la erosión hídrica. Paradójicamente, la infiltración está muy poco estudiada por ser muy difícil de medir. Se suele obtener a partir de mediciones indirectas. Presenta una fuerte varia-

ción a nivel espacial, requiere de grandes cantidades de agua en cada ensayo, varía mucho según se mida en terrenos secos o húmedos, precisa de simuladores de lluvia para obtener valores reales, etc. Todos estos factores complican la medida de la infiltración, pese a ser una variable de crucial importancia.

OASIFICACIÓN, RESTAURACIÓN DEL SUELO Y DE LA VEGETACIÓN

La *oasificación*, término opuesto al de desertificación, persigue revegetar un terreno degradado aprovechando su propio deterioro, recolectando el agua, el suelo y los nutrientes que tiende a perder en los lugares donde más interese, es decir: en donde se vaya a realizar la plantación o siembra. Ésta es la mejor manera de revertir el temido proceso de la desertificación. *Oasificar* supone combatir la escorrentía, promover la infiltración; por el contrario, inducir la escorrentía desertiza un territorio. Este conjunto de procesos son realizados de forma natural por los ecosistemas, de manera lenta e imperceptible, siempre y cuando se encuentren en condiciones de progresión o estabilidad. Uno de los procesos claves del fenómeno de la *oasificación* se produce mediante la acumulación de hojarasca, juma o pinocha sobre la superficie del suelo que termina convirtiéndose en materia orgánica con un alto poder para mejorar el suelo, para aumentar su capacidad de infiltración.

La restauración de una ladera suele requerir mucho tiempo (más de 100 años en climas áridos y semiáridos). La estrategia descrita no es en modo alguno nueva. Tanto en el sector agrícola (en olivares, viñedos, almendrales, algarrobales,...) como en el sector forestal (en las denominadas restauraciones hidrológico-forestales) se han venido realizando labores tradicionales que propician este proceso: perfilado de microcuencas, acaballonados, abancalados, etc.

En la *oasificación* contemplamos las cosechas de suelo y de nutrientes como fundamentales para el proceso restaurador de una ladera degradada. Además de cosechar agua, con la *oasificación* se recolectan nutrientes y suelo, por lo que al mismo tiempo se logra el control de la erosión hídrica, tan frecuente en las zonas ári-

das y semiáridas. De hecho, en muchos lugares del mundo, conservación de suelos y de aguas pueden considerarse sinónimos. En este mismo sentido se expresan LUDWIG *et al.* (1997), cuando describen que en las laderas de climas semiáridos en Australia existen sumideros naturales (v.g.: cada árbol, mata, macolla o depresión del terreno) que se ven enriquecidos al capturar el agua y el suelo de las zonas adyacentes.

Con la *oasificación* se aumenta la resiliencia de la vegetación, es decir, se incrementa su probabilidad de recuperación. Esto ocurre merced a una considerable mejora en las condiciones hidrológicas de las laderas (al aumentar la infiltración en la ladera se favorece la instalación de una vegetación más tupida, especialmente en climas áridos).

EL SUELO EN EL DIMENSIONADO DEL MICROEMBALSE PARA LA RESTAURACIÓN

MONGIL & MARTÍNEZ DE AZAGRA (2006) han elaborado una metodología para dimensionar el microembalse o alcorque de la preparación del suelo en la restauración de la vegetación y en la conservación de suelos. Esta metodología, denominada FO-REST (acrónimo de RESTauración FOrestal), se compone de una serie de criterios que orientan al técnico sobre la capacidad que debe tener el microembalse. En varios de estos criterios intervienen factores edáficos, como no puede ser de otra manera dado el papel del suelo en una restauración, entre los que se pueden destacar:

Criterio edáfico de la capacidad de retención de agua disponible

Como se ha dicho anteriormente, el suelo constituye una reserva de agua cuya medida es la capacidad de retención. Partiendo de una situación inicial en la que esta reserva esté agotada, si durante un aguacero llueve más de lo que el suelo es capaz de retener, el agua sobrante se perderá por percolación profunda hacia la capa freática (este agua recibe la denominación de gravitacional). Por este motivo, el alcorque que se diseñe no debe recoger más agua del que pueda ser almacenado en la reserva del suelo. Por lo tanto, el volu-

men del alcorque lleno deberá ser, como máximo, igual a la capacidad de retención.

Es difícil, por otra parte, que la reserva llegue a estar totalmente agotada, por lo que casi siempre, inevitablemente, se va a perder agua por percolación profunda. No obstante, en los meses más secos esta reserva será muy escasa mientras no llueva, y por ello, si cae un aguacero convendrá que el alcorque sea capaz de recoger toda el agua necesaria para llenar el depósito edáfico.

Por esta razón deben estar relacionados el volumen de agua que puede contener el alcorque lleno y la capacidad de retención de agua que tiene el suelo abarcado por la rizosfera de las plantas introducidas. Esto equivale a una dosis de riego, si de un cultivo agrícola se estuviera hablando. En conclusión, es necesario que se cumpla la siguiente inecuación:

$$\text{Volumen alcorque lleno} \leq \text{Capacidad de retención de agua disponible (CRAD)}$$

El tamaño del alcorque establecido así es suficiente para obtener la máxima cosecha de agua posible (un valor superior quedará fuera del alcance de las raíces al escapar el agua acumulada de la rizosfera).

Criterio edáfico de la porosidad

La altura de los muretes del microembalse y la profundidad del suelo (de la preparación del suelo, de las raíces) son variables que deben estar relacionadas. Si se asocia el criterio edáfico explicado anteriormente con el concepto de porosidad útil, obtenemos la siguiente igualdad:

$$\text{Volumen del alcorque lleno} = \text{Volumen de poros útiles}$$

desarrollando:

$$S_2 \cdot H = S_3 \cdot h \cdot p_u$$

siendo:

S_2 = Área de recepción (m^2)

H = Altura de los muretes (m)

S_3 = Área que en proyección horizontal ocupa el bulbo húmedo (m^2), siendo $S_3 \geq S_2$. El “bulbo húmedo” es el nombre que recibe en la terminología del riego localizado el volumen de suelo humedecido por un emisor. Llevado este concepto a las cosechas de agua, la región húmeda del suelo posee una gran importancia, pues en ella se desarrolla el sistema radical de los brinzales. Su forma depende del movimiento del agua en el suelo, que a su vez está condicionado

por la textura, la intensidad de precipitación y la duración del aguacero.

h = Profundidad del “embalse del suelo” (m). Para la elección de esta profundidad pueden seguirse tres criterios diferentes: profundidad del sistema radical, profundidad actual del sistema radical más el efecto de la capilaridad y profundidad necesaria para el desarrollo normal del repoblado.

p_u = Porosidad útil (en tanto por uno).

Despejando la altura de los muretes:

$$H = S_3/S_2 \cdot h \cdot p_u; \text{ Como } S_3 \geq S_2, \quad H \geq h \cdot p_u$$

Mediante esta inecuación, es posible calcular la altura de los muretes del microembalse a través de dos variables, que son la porosidad útil del suelo y la profundidad del mismo que se considere deba contener agua utilizable por las plantas.

Criterio edáfico de la infiltración

Con la idea de conseguir endorreísmo en la unidad sistematizada, en este criterio se intenta lograr ese endorreísmo partiendo de tasas medias de infiltración. En una unidad sistematizada, bajo una precipitación constante, puede estimarse un índice medio de infiltración ϕ . Una vez conocido ϕ y aplicando la ecuación de continuidad, se puede obtener la altura del microembalse como:

$$H \approx (i - \phi) \cdot D \cdot \kappa$$

Siendo:

i = Intensidad de lluvia

D = Duración del aguacero

κ = Relación entre el tamaño de la unidad sistematizada y el área de recepción (S/S_2)

ϕ = Tasa uniforme de pérdidas (o índice de infiltración)

Limitación fisiológica por encharcamiento

Después de una precipitación abundante, el alcorque puede llenarse de agua y la planta que en él vegeta quedar anegada, poniéndola en grave riesgo su supervivencia. Con el fin de evitar la muerte por anoxia de la planta, es necesario limitar el tiempo máximo de embalse ($T_{\text{máx}}$), que a su vez depende de una variable del suelo como es la tasa de infiltración mínima:

$$T_{\text{máx}} \leq H / f_{\text{mín}}$$

H = Altura de los muretes del microembalse (aproximadamente igual a $CAPA/S_2$) (cm)

f_{min} = Tasa de infiltración mínima del suelo en el área de recepción ($\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$). Coincide con el parámetro f_c del modelo de infiltración de HORTON (1940). Este parámetro se puede estimar a partir de la permeabilidad, utilizando la relación orientativa propuesta por BOUWER (1966): $f_{min} \approx 0,5 \cdot k$, siendo k la conductividad hidráulica (o permeabilidad) del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- AUBREVILLE, A.; 1949. *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Ed. Soc. d'Éditions Géographiques et Coloniales. París.
- BOUWER, H.; 1966. Rapid field measurement of air-entry value and hydraulic conductivity of soil as significant parameters in flow system analysis. *Water Res.* 2: 729-738.
- GARCÍA CAMARERO, J.; 1989. *Zonas y ecosistemas en degradación. Desertificación*. Hojas Divulgadoras 10/89. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- HORTON, R.E.; 1940. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. *Soil Science Soc. Amer. Proc.* 5: 399-417.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; 2001. El riesgo de desertificación. En: F. Martín de Santa Olalla (Dir.) *Agricultura y desertificación*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- LUDWIG, J.; TONGWAY, D.; FREUDENBERGER, D.; NOBLE, J. & HODGKINSON, K. (eds.); 1997. *Landscape ecology. Function and management*. CSIRO. Collingwood.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. Y MONGIL, J.; 2006. Diseño de repoblaciones forestales en zonas áridas: tamaño del microembalse y relación entre el área de impluvio y el área de recepción. *Investigaciones Geográficas* 40: 201-226.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. Y ROQUERO, C.; 1999. *Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- UNCCD; 1994. *United Nations Convention to Combat Desertification*. Ed. Secretariat of the CCD. Bonn.