

LA OASIFICACIÓN*

AUTORES:

ANDRÉS MARTÍNEZ DE AZAGRA PAREDES ¹

JORGE MONGIL MANSO ²

LEOPOLDO ROJO SERRANO ³

¹ Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología
Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias
Universidad de Valladolid
Avenida de Madrid, 44
34004 Palencia (España)
correo electrónico: amap@iaf.uva.es

² Área Departamental Agroforestal y Ambiental
Universidad Católica de Ávila
Canteros, s/n
05005 Ávila (España)
correo electrónico: jorge.mongil@ucavila.es

³ Proyecto LUCDEME
Dirección General para la Biodiversidad
Ministerio de Medio Ambiente
Gran Vía de San Francisco, 4
28005 Madrid (España)
correo electrónico: lrojo@mma.es

RESUMEN

En este trabajo se define el concepto de *oasificación*, proceso natural inverso al de desertificación por aridez edáfica. Para conseguir restaurar muchas laderas degradadas hay que alterar su fisiografía levemente mediante una acertada preparación del terreno, creando zonas en donde se concentre el agua de escorrentía con el suelo y nutrientes que transporta. En este estudio se proponen dos ecuaciones para dimensionar las trampas de agua con que revertir el proceso desertificador. Así mismo, se definen las series progresivas y regresivas del número de curva y de la disponibilidad hídrica en una ladera. También se concretan los efectos hidrológicos que tienen las diferentes preparaciones del terreno utilizadas habitualmente en repoblación forestal, de acuerdo con el modelo hidrológico MODIPÉ. Por último, se describe un interesante método tradicional agrícola de *oasificación*: el riego de boqueras o de turbias, antaño muy extendido en el Sureste Español pero hoy en día abandonado, y sobre el que conviene reflexionar para aprender.

Palabras clave: *Oasificación*, desertización, recolección de agua, microcuencas, trampas de agua, reforestación de zonas áridas y semiáridas

* Este trabajo ha sido financiado por la Dirección General para la Biodiversidad en el ámbito de su proyecto LUCDEME (Lucha contra la Desertificación en el Mediterráneo). Ministerio de Medio Ambiente de España. Año 2004.

1.- INTRODUCCIÓN

Unas condiciones generalizadas de aridez favorecen la aparición de mecanismos de desertificación (= desertización), que a su vez implican la degradación del territorio. 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 término fue introducido por AUBREVILLE en 1949, aunque ha sido desde entonces controvertido y mal utilizado o, cuando menos, su significado no ha cristalizado de manera precisa ni siquiera a nivel técnico (PUIGDEFÁBREGAS 1995). Pero volviendo a lo sustantivo, la desertificación es un conjunto de procesos o la manifestación de fenómenos implicados en el empobrecimiento y degradación de los ecosistemas terrestres por impacto humano. 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, como argumenta LÓPEZ BERMÚDEZ 2001, una patología surgida de la ruptura del equilibrio entre el sistema de producción de los geoeosistemas naturales y el sistema de explotación humana.

MARTÍNEZ DE AZAGRA 1999, 2002 ha propuesto el neologismo *oasificación*, como antónimo de desertificación por aridez edáfica. Se trata de densificar y lignificar la cubierta vegetal, o lo que es lo mismo, revertir el proceso de degradación hídrica, edáfica y botánica que padece una ladera, mediante una correcta preparación del suelo e introduciendo las especies vegetales adecuadas. Pero para ello hay que acudir a sistemas de recolección de agua, es decir: hay que aprovechar la propia degradación de la ladera para acumular el agua de escorrentía en los puntos de repoblación mediante microembalses (alcorques) convenientemente dimensionados.

Frente al problema de la desertificación se apuesta por su solución: la *oasificación*. En ella, las pequeñas estructuras de tierra que recogen e infiltran la escorrentía (sistematización primaria), mejoran las condiciones de humedad del suelo y posibilitan el desarrollo de una vegetación forestal, invirtiéndose el temido proceso de desertificación por aridez edáfica. *Oasificar* supone combatir la escorrentía superficial; por el contrario, inducir la escorrentía desertiza el territorio.

El término *oasificación* está muy relacionado con el concepto de recolección de agua y con el riego de boqueras pero tiene un marcado enfoque ecológico en vez de meramente agrícola. 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 áridas 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 (verbigracia: cada árbol, mata, macolla o depresión del terreno) que se ven enriquecidos al capturar el agua y el suelo de las zonas adyacentes.

Debemos recuperar las técnicas tradicionales de aprovechamiento agroforestal del territorio aplicando –eso sí– los nuevos conocimientos adquiridos: utilización de modelos hidrológicos sobre conservación de suelos y aguas, manejo de sistemas de información geográfica, introducción de especies vegetales con interés ecológico, económico y social, uso e incorporación de nuevos materiales (para construir albardas, para realizar enmiendas edáficas, para aumentar la capacidad de retención de agua; para conseguir micorrizaciones in situ, etcétera).

2.- OASIFICACIÓN CONTRA DESERTIFICACIÓN

El empeoramiento de las condiciones hídricas de una ladera (regresión hídrica) conlleva también a una regresión vegetal y edáfica. Se trata de un proceso muy peligroso, especialmente en climas áridos y torrenciales, que se retroalimenta, por lo que puede conducir en poco tiempo a laderas desiertas (sin agua, sin suelo y sin vegetación). Esta regresión hídrica, edáfica y vegetal es característica de la desertización por aridez edáfica, que además de ser la más frecuente y extendida a nivel mundial, tiene unas consecuencias muy perniciosas: suelos desprovistos de vegetación, totalmente improductivos, sin materia orgánica, con una baja capacidad de infiltración, una fortísima insolación, una elevada oscilación térmica y una acelerada evaporación física directa tras los aguaceros.

Por el contrario, la mejora de las condiciones hidrológicas de la ladera (progresión hídrica) supone un incremento de la infiltración (como caso ideal: que se infiltre todo lo que llueve), e implica una progresión edáfica, vegetal y productiva (en biomasa). Es decir, al infiltrarse un mayor volumen de agua en el suelo, las disponibilidades de este elemento para las plantas aumentan, lo que posibilita una vegetación cada vez más avanzada. Estas formaciones vegetales protegen al suelo frente a la erosión y le aportan materia orgánica, facilitando su evolución hacia un perfil más fértil, profundo y maduro.

Ambos procesos, el retroceso desde los tres puntos de vista mencionados (que pueden agruparse en los términos desertización o desertificación) y el avance hacia situaciones más favorables (*oasificación*), quedan reflejados en la figura 1.

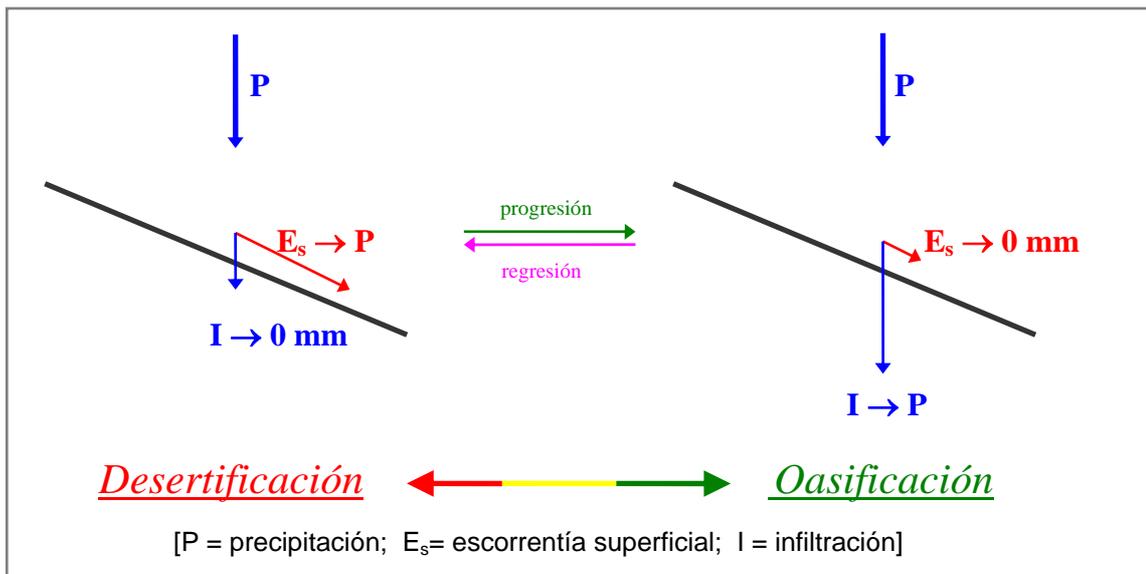


Figura 1. Oasificación contra desertificación

La mayor parte de las veces, la desertificación por aridez edáfica puede revertirse mediante sencillas operaciones individuales a pequeña escala que terminan por resolver el problema a escala local, comarcal y regional. Un uso agroforestal adecuado por parte de cada propietario, de cada lugareño, resulta crucial para evitar procesos de desertización. Una acertada extensión agraria para la población rural, la formación de agricultores y ganaderos mediante cursos prácticos sobre medidas conservadoras del agua, de la vegetación y del suelo resultan de gran importancia. Al mismo tiempo, una política estatal de incentivos económicos para quienes emprendan y mantengan tales medidas de conservación resulta muy conveniente para el éxito de la empresa. Lamentablemente, dicha política medioambiental ha brillado y brilla por su ausencia en España y en la Unión Europea.

Para iniciar la *oasificación* de una ladera degradada hay que construir sistematizaciones primarias en ella, que consisten básicamente en microcuencas endorreicas (MARTÍNEZ DE AZAGRA 1996, 1998). Para modelar el proceso, se plantea un balance hídrico local centrado en la economía del agua de la ladera. Los componentes de este balance son, como se muestra en la figura 2, la precipitación, la intercepción, la escorrentía (tanto la que llega al microembalse como la que escapa de éste, E_{s1} y E_{s2}), la evaporación y la infiltración.

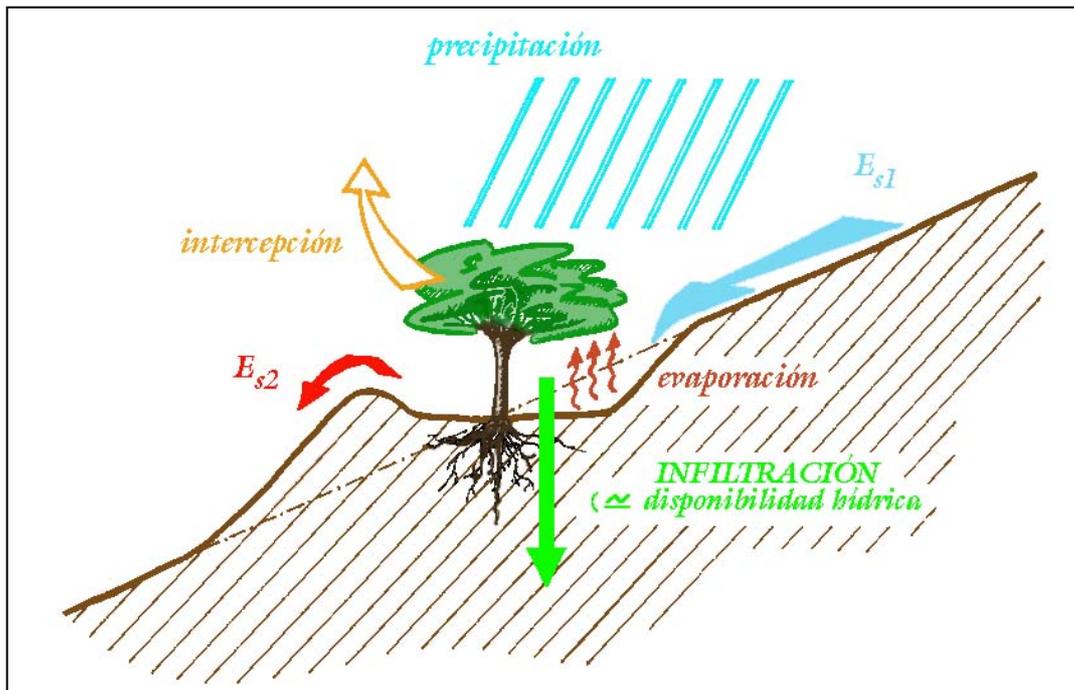


Figura 2. Componentes principales del balance hídrico local (MARTÍNEZ DE AZAGRA 1996)

Lo importante para la restauración de una ladera no es el agua que se va (enfoque y preocupación de la Hidrología Clásica, que se centra en la escorrentía) sino el agua que se queda e infiltra, y que -a ser posible- debe ser toda la que cae en el lugar. Como objetivo final para restaurar una ladera hay que establecer que la infiltración termine igualándose con la precipitación. Al estar la ladera degradada hay que intervenir en ella (mediante la sistematización primaria) creando áreas de impluvio y áreas de recepción (S_1 y S_2), las primeras para que su escorrentía alimente a las segundas, que tendrán sus correspondientes microembalses bien dimensionados (en cuanto a la altura de su margen o balate), para que puedan recoger toda el agua que escurre.

Antiguamente las microcuencas (o en general las preparaciones del terreno para repoblación forestal o cultivo agrícola) se construían según la experiencia del agricultor o proyectista, pero sin hacer cálculos precisos. Los procesos de prueba y error iban mejorando el sistema constructivo. En la actualidad el diseño de sistemas de *oasificación* (= de recolección de agua, suelo y nutrientes) puede y debe abordarse con más conocimientos, seguridad y rigor acudiendo a fórmulas y modelos específicos. Los cálculos previos son tanto más necesarios cuanto más espaciada sea la repoblación, cuanto más grandes sean las unidades sistematizadas y cuanto más agua deban concentrar y acumular los microembalses. Para construir sistemas de *oasificación*, es decir, para dimensionar balates, pocetas, albarradas, zanjas de infiltración, etcétera, hay que acudir a modelos hidrológicos.

3.- DOS CRITERIOS PARA EL DIMENSIONADO DEL MICROEMBALSE

La determinación del tamaño del microembalse o trampa de agua (H) es una decisión fundamental cuando se diseñan repoblaciones forestales en zonas con escasez de agua. Por este motivo, MARTÍNEZ DE AZAGRA & MONGIL 2001 enumeran una serie de criterios, basados en la economía del agua y en el modelo MODIPÉ, que ayudan al técnico a tomar la solución más acertada en cada caso. Uno de estos criterios (el denominado edafológico), que sirve para conseguir una buena dotación de agua, se describe seguidamente. Posteriormente se desarrolla un segundo criterio que persigue la consecución de endorreísmo.

3.1.- Criterio edafológico

El volumen máximo de agua por unidad de superficie que puede contener el alcorque (H) y la capacidad de retener agua en sus poros eficaces que tiene el suelo han de estar relacionados a través de la profundidad de las raíces que se desea irrigar. Conforme a esta idea, puede establecerse la siguiente ecuación:

$$H = h \cdot p_U$$

Siendo:

H = Altura de los caballones del microembalse

h = Profundidad del suelo abarcado por las raíces

p_U = Porosidad eficaz (o útil) del suelo (en tanto por uno)

En la figura 3 se esquematiza la cuestión para un bancal con cultivos herbáceos y leñosos. Puede apreciarse cómo la trampa de agua es mayor para el árbol, al poseer éste un sistema radical más profundo.

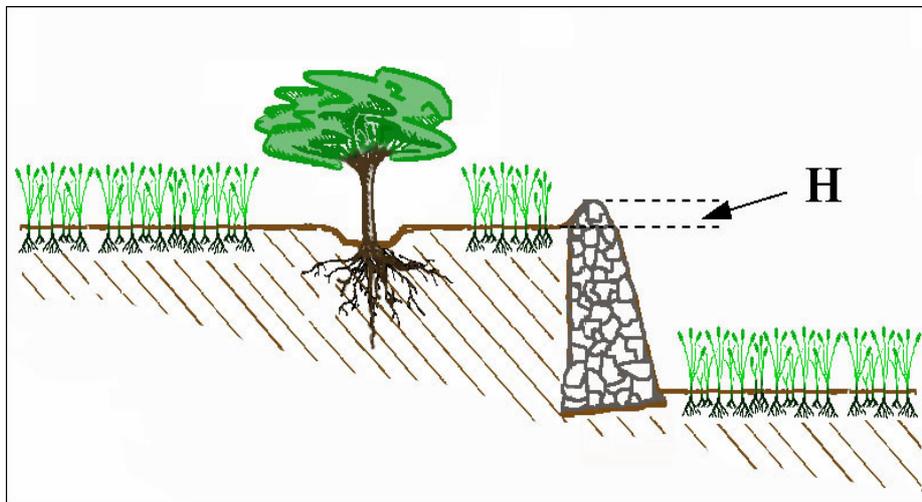


Figura 3. Bancal con su albarrada y su balate de altura H

3.2.- Criterio para la consecución de endorreísmo

En una unidad sistematizada, bajo una precipitación de intensidad constante, pueden plantearse las siguientes ecuaciones derivadas del modelo de infiltración de HORTON 1940:

En el área de impluvio: $v_i(t) = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-\alpha \cdot t}$

En el área de recepción: $w_i(t) = g_c + (g_0 - g_c) \cdot e^{-\beta \cdot t}$

Ante aguaceros prolongados y siempre que α y β sean grandes, cabe simplificar estas ecuaciones y admitir:

En el área de impluvio: $v_i = f_c$

En el área de recepción: $w_i = g_c$

A su vez y por lo general: $f_c \approx g_c$ (salvo enmiendas muy importantes en el área de recepción o aplicaciones impermeabilizantes en el área de impluvio, medidas ambas ajenas a las técnicas habituales utilizadas en el sector forestal).

La ecuación de continuidad, con el fin de conseguir endorreísmo ante una lluvia de intensidad constante y duración D , se escribe:

$$i \cdot D \cdot S \approx f_c \cdot D \cdot S_1 + g_c \cdot D \cdot S_2 + H \cdot S_2$$

$$i \cdot D \cdot S \approx f_c \cdot D \cdot (S_1 + S_2) + H \cdot S_2$$

$$(i - f_c) \cdot D \cdot S \approx H \cdot S_2$$

Luego:

$$H \approx \frac{(i - f_c) \cdot D \cdot S}{S_2} = (i - f_c) \cdot D \cdot \kappa$$

Acudiendo al modelo clásico de Pérdida Uniforme (por ejemplo, en APARICIO 1999), en el cual aparece el concepto de tasa uniforme de pérdidas (o índice de infiltración), al que se suele abreviar por ϕ , podemos escribir:

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

siendo, en todo el desarrollo:

H = Altura de los balates o caballones del microembalse

$v_i(t) = v_i$ = Velocidad de infiltración de agua en el área de impluvio

$w_i(t) = w_i$ = Tasa de infiltración de agua en el área de recepción

t = Tiempo

f_0 = Capacidad de infiltración inicial en el área de impluvio

f_c = Capacidad de infiltración final en el área de impluvio

α = Exponente de decrecimiento para el suelo del impluvio

g_0 = Capacidad de infiltración inicial en el área de recepción

g_c = Capacidad de infiltración final en el área de recepción

β = Exponente de disminución para el suelo en el área de recepción

i = Intensidad de lluvia (constante)

D = Duración del aguacero

$S = S_1 + S_2$ = Tamaño de la unidad sistematizada

S_1 = Superficie del área de impluvio

S_2 = Superficie del área de recepción

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) $\approx f_c \approx g_c$

La ecuación deducida en este apartado constituye un caso particular de las ecuaciones generales que rigen el funcionamiento de un microembalse (véase MARTÍNEZ DE AZAGRA 1998).

4.- SERIES PROGRESIVAS Y REGRESIVAS

Si se analizan las tablas del número de curva desde un punto de vista ecológico, se puede apreciar el rango en el que se mueve la naturaleza para una zona geográfica dada. Si la naturaleza tiene proyectado para el lugar en estudio un bosque o un monte arbolado o un matorral como vegetación climácica, podemos fijar el intervalo en que se mueve el número de curva. Surge así el concepto de serie progresiva del número de curva (figura 4), que resulta siempre decreciente.

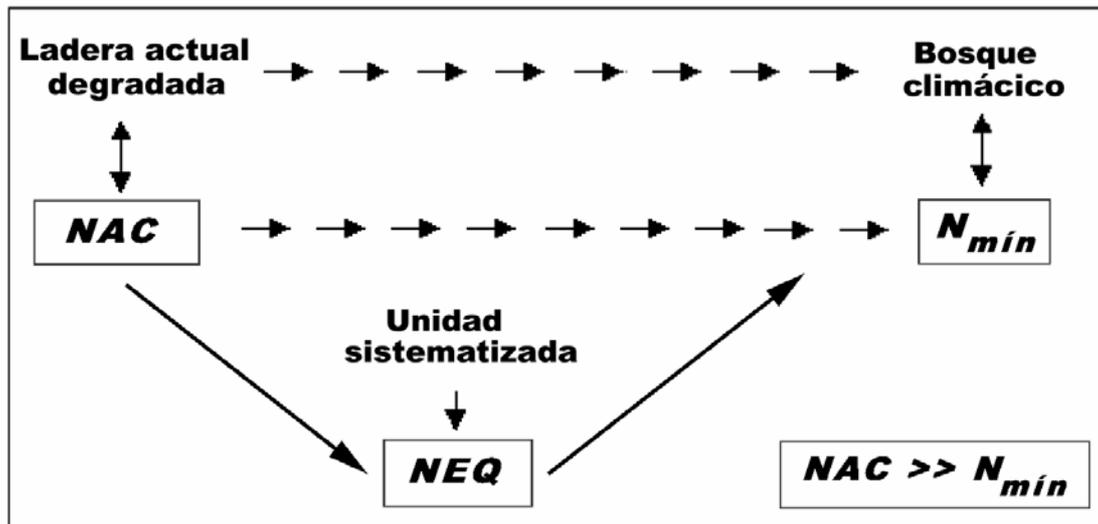


Figura 4. Serie progresiva del número de curva (MARTÍNEZ DE AZAGRA 1996). NAC = Número de curva de la ladera actual degradada; N_{min} = Número de curva final en la ladera restaurada; NEQ = Número de curva equivalente de la unidad sistematizada

A la serie progresiva del número de curva cabe asociar una serie progresiva de las disponibilidades hídricas en una ladera (figura 5). Basta con recordar la relación existente entre números de curva y umbrales de escorrentía para comprender el proceso.

El rango de variación del número de curva puede ser bastante amplio si se parte de una ladera altamente degradada y se consigue su plena restauración con el paso de los años. De acuerdo con las tablas del número de curva, se obtiene un intervalo máximo de 94 - 15. No obstante, un intervalo más realista, dentro de un lapso de tiempo habitual (unos 50 años), puede ser el de 94 - 54, que se corresponde con un barbecho sobre suelo de tipo D ($NAC = 94$) transformado en un bosque con condición hidrológica buena sobre suelo de tipo C ($N_{min} = 54$). Siendo así, no parece acertado crear unas trampas de agua que generen un número de curva equivalente inferior a 54 ($NEQ \geq 54$). A partir de esta consideración, surge un tercer criterio (en este caso de índole ecológica) para fijar el tamaño de los microembalses en una repoblación forestal, basado en las series progresivas de la vegetación de la zona y en sus correspondientes números de curva.

Puesto que a cada número de curva (N) se le puede asignar un umbral de escorrentía (P_0) mediante la ecuación:

$$P_0 = 0,2 \cdot \frac{25.400 - 254 \cdot N}{N}$$

se pueden obtener los umbrales de escorrentía para la ladera actual degradada (PAC) y para la ladera restaurada ($P_{máx}$). Estos valores pueden relacionarse con los datos de precipitaciones de la zona y sus correspondientes periodos de recurrencia (véase la tabla 1).

Si la ladera está muy degradada el umbral resultará tan bajo que t representa el número de veces al año en que se produce escorrentía. Por el contrario, T puede corresponderse con un periodo de retorno muy amplio. En tal caso concluiremos que la ladera restaurada actúa como un perfecto sumidero de agua; es decir, todo lo que llueve se infiltra (o es interceptado), lo que favorece la recarga de acuíferos además de mejorar la dotación de agua del suelo para beneficio directo del ecosistema.

Por ejemplo, si una ladera degradada tiene un número de curva de 94, le corresponde un umbral de escorrentía de 3,2 mm (sólo con que llueva esa cantidad se producirá escorrentía). Por el contrario, con una vegetación más desarrollada, el número de curva puede descender a 54, situándose el umbral de escorrentía en 43,3 mm. Pero si la naturaleza alcanza un número de curva de 15, el umbral será 287,9 mm. En este último caso, que corresponde a un bosque con condición hidrológica muy buena sobre suelo de tipo A, la formación de escorrentía superficial es altamente improbable: el bosque actúa como una esponja que intercepta, aprovecha o percola todo el agua que precipita, sin producirse escorrentía superficial ni erosión hídrica.

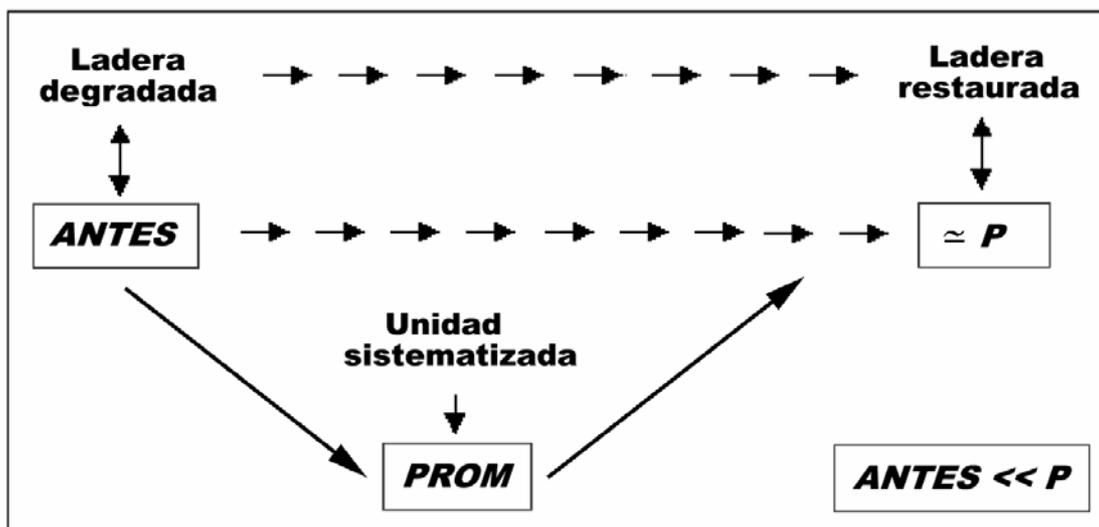


Figura 5. Sucesión progresiva de la infiltración y de las disponibilidades hídricas en una ladera degradada (MARTÍNEZ DE AZAGRA 1996). *ANTES* = Disponibilidad hídrica antes de la intervención, *PROM* = Disponibilidad hídrica promedio en las unidades sistematizadas, P = Precipitación

Tabla 1. Relación genérica entre números de curva, umbrales de escorrentía y periodos de retorno

SITUACIÓN	NÚMERO DE CURVA	UMBRAL DE ESCORRENTÍA	PERIODO DE RETORNO
Ladera actual	N_{AC}	P_{AC}	t
Ladera restaurada	$N_{mín}$	$P_{máx}$	T

5.- MEJORA DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DEL SUELO

Las preparaciones del terreno que se vienen utilizando habitualmente en el sector forestal español (ahoyado con alcorques, microcuencas, acaballonado profundo, acaballonado superficial, aterrazado en contrapendiente, subsolado lineal, subsolado pleno, laboreo pleno según curvas de nivel) hacen variar el número de curva de la ladera degradada original. En cualquier labor practicada hay que distinguir tres números de curva diferentes: el correspondiente a la ladera original (NAC), el del área de impluvio (NI) y el del área de recepción (NR). En la tabla 2 se realiza un análisis comparativo de estos tres números de curva para las distintas preparaciones del suelo, basado en el modelo hidrológico MODIPÉ (MARTÍNEZ DE AZAGRA 1996).

Desde el punto de vista de la economía hídrica y para favorecer la recolección de agua en el área de recepción, la preparación ideal del suelo de una ladera desertizada queda definida mediante estas tres inecuaciones:

$$NAC > NR \quad \text{y} \quad NI > NR \quad \text{y} \quad NI \geq NAC$$

debiendo tener el alcorque -además- un tamaño ($CAPA$) suficiente para evitar la escorrentía fuera de la unidad sistematizada ($E_{s2} = 0$ mm).

Una situación en la que se satisfagan las dos primeras desigualdades pero en la que el número de curva del área de impluvio sea menor que el de la ladera degradada ($NI < NAC$), resulta aún más propicia para conseguir la *oasificación* de la ladera. Sin embargo, las aportaciones del área productora serán inferiores con lo que las cosechas de agua resultarán menos copiosas para el repoblado en su primera etapa de arraigo y crecimiento.

Tabla 2. Efectos hidrológicos de diferentes preparaciones del terreno utilizadas para la repoblación forestal (según MODIPÉ)

Labor	Esquema	Números de curva ¹	CAPA ²
Ladera inalterada		NI = NR = NAC	0
Ayoyado con alcorque; Microcuencas		NI = NAC NR ≠ NAC	> 0
Acaballonado según curvas de nivel; Subsulado con rejón modificado		NI = NAC NR ≠ NAC	> 0
Acaballonado superficial		NI > NAC NR ≠ NAC	> 0
Aterrazado en contrapendiente		NI > NAC NR ≠ NAC	> 0
Subsulado lineal; Subsulado pleno		NI = NAC NR < NAC	≈ 0
Laboreo pleno según curvas de nivel		NI = NR > NAC	≈ 0

¹ NI = Número de curva del área de impluvio
NR = Número de curva del área de recepción
NAC = Número de curva de la ladera actual

² CAPA = Capacidad de la trampa de agua (microembalse)

6.- UN MÉTODO TRADICIONAL DE OASIFICACIÓN EMPLEADO EN ESPAÑA

Un claro ejemplo de sistema tradicional de recolección de agua, suelo y nutrientes (y por lo tanto de *oasificación*) empleado en España con profusión hasta fechas recientes, es el denominado riego de boqueras o riego de turbias (LLOBET 1958; VILÁ 1961; NAVARRO 1968; MORALES 1969; etcétera). Se trata de un riego por gravedad mientras está lloviendo y hasta que termine la escorrentía en la rambla. Consiste en derivar las aguas turbias que circulan por la rambla y extenderlas a cuantas más paratas y bancales mejor, a través de boqueras y sangradores (figura 6).

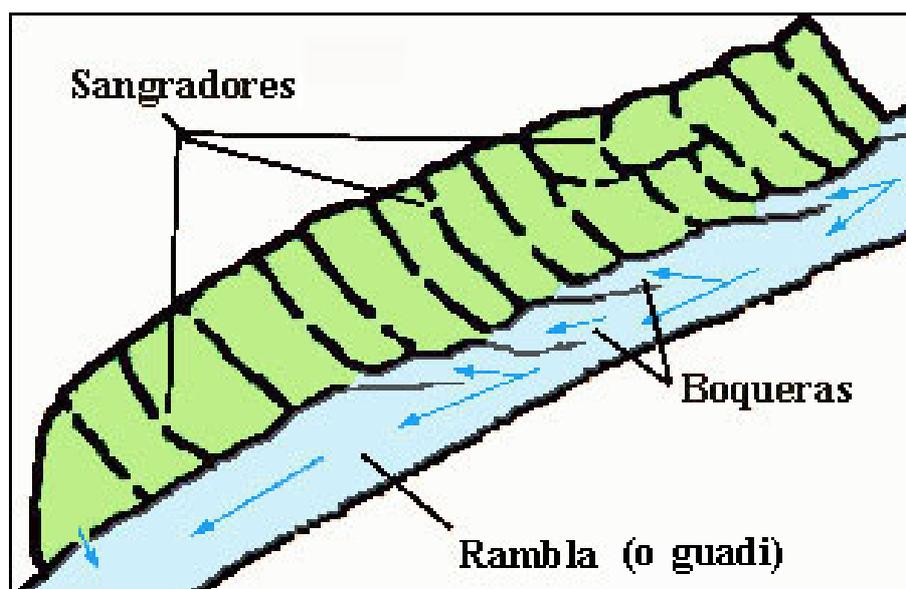


Figura 6. Una técnica de oasificación tradicional utilizada por los agricultores en el Sureste Español: el riego de boqueras o riego de turbias (Fuente: NAVARRO 1968)

En el riego de boqueras, la dosis de riego queda fijada por la altura (H) que media entre la base del terreno y la cota del vertedero (sangrador). En bancales destinados a un cultivo mixto (herbáceo y arbóreo) alrededor de los troncos se solía perfilar una poceta con la que retener e infiltrar más agua (MARTÍN 1988). Véase la figura 3.

El riego de boqueras propiciaba una importante reducción del caudal de avenida final de la rambla, por lo que las consecuencias perniciosas actuales de las temidas gotas frías se mitigaban y se transformaban en efectos muy beneficiosos para los cultivos (MORALES 1989).

Merece la pena, destacar el hecho de que el Español cuente con una amplia terminología tradicional sobre recolección de agua y suelo, lo que no ocurre en otras lenguas desarrolladas bajo climas lluviosos, tales como el Alemán, el Francés o el Inglés. Por su interés, vamos a enumerar dichos términos y a definirlos (figura 7).

- Riego de boqueras: Riego por gravedad mientras está lloviendo y hasta que finaliza la escorrentía en la rambla = Riego de turbias. Riego con aguas turbias, ricas en légamos y nutrientes (¡*oasificación!*). Por añadidura: sistema magnífico de laminación de avenidas. Antes del desmantelamiento de estos sistemas tradicionales de riego, la llegada de gotas frías con sus turbiones era bienvenida. Ahora -en cambio- tienen un carácter peyorativo en el SE de España: avisos de alerta roja por riesgo de fuertes lluvias difundidos por la radio y la televisión.
- Boquera: Boca, puerta de piedra o túnel que se hace en el caz o cauce de una rambla para regar las tierras. Por extensión se utiliza también como sinónimo habitual de agüera. Para

facilitar la derivación del agua desde la rambla a la boquera se construyen rudimentarias presas en el lecho del barranco.

- Agüera: Canal hecho para encaminar el agua llovediza a las heredades, en especial a los bancales y paratas = Boquera.
- Bancal: Rellano de tierra que los agricultores de antaño formaban y conservaban mediante paredes de piedras con el fin de cultivar en ellos olivos, almendros, algarrobos, vides, jerbos, higueras, moreras, cereales y legumbres.
- Parata: Bancal, generalmente pequeño y estrecho, en laderas poco pronunciadas, por lo que no precisa de muros de piedra para ser estable.
- Balate (o albalate): Margen elevado de una parata o de un bancal. Este margen es de tierra en las paratas y de piedras (pedrizas, albarradas, calicantos) en los bancales. Al balate también se le denomina caballón, mota o margen en otras regiones españolas.
- Sangrador: Vertedero entre dos bancales o paratas para extender las aguas sobrantes a nuevas parcelas de cultivo.

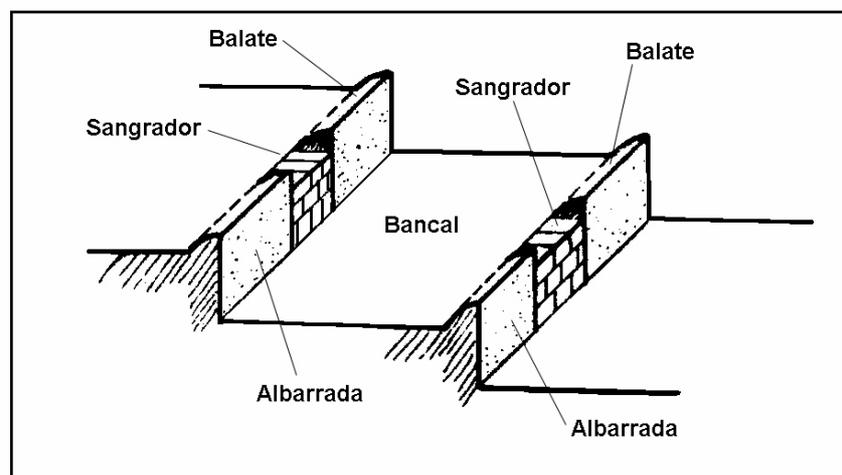


Figura 7. Riego a través de boqueras y sangradores (Fuente: MORALES 1969)

El riego de boqueras ha estado muy extendido en el sureste español hasta la década de los años sesenta del siglo pasado. Es una técnica muy similar al 'runoff farming', practicado por los Nabateos en el desierto Negev y descrito por EVENARI *et al.* 1963. Muy probablemente, el riego de boqueras -o riego de 'alfayt', en terminología árabe citada por MORALES 1969 adscrita a una obra del rey Alfonso X- haya sido practicado desde muy antiguo en España, seguramente desde tiempos prehistóricos (CHAPMAN 1978).

7.- CONCLUSIONES

Como imagen opuesta y positiva de desertificación por aridez edáfica, proponemos el concepto de *oasificación*, término que engloba tanto la recolección de agua como la recolección de suelo y de nutrientes.

El punto de partida para lograr una progresión hídrica, edáfica y vegetal en una ladera degradada bajo clima árido, consiste en realizar una buena preparación del terreno creando microcuencas endorreicas o cuasi endorreicas. Para el diseño de estas pequeñas estructuras de tierra que recogen e infiltran la escorrentía, conviene utilizar un modelo hidrológico (p. ej.: MODIPÉ). Para poder pronosticar su evolución temporal hay que aplicar un modelo sobre pérdidas de suelo (p. ej.: USLE) y un modelo sobre migración de nutrientes. De esta forma se consigue modelar el proceso completo de la *oasificación*.

8.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARICIO MIJARES, F.J. 1999. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa. México.
- AUBREVILLE, A. 1949. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Societe d'Éditions Geographiques et Coloniales. Paris.
- CHAPMAN, R.W. 1978. The evidence for prehistoric water control in south-east Spain. *Journal of Arid Environments* 1: 261–274.
- EVENARI, M.; SHANAN, L. & TADMOR, N.H. 1963. Runoff-farming in the Negev Desert of Israel. Progress Report on the Avdat and Shivta Farm Projects for the years 1958 – 1962. The National and University Institute of Agriculture. Rehovot.
- HORTON, R.E. 1940. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. *Soil Science Society of America Proceedings* 5: 399-417.
- LLOBET, S. 1958. Utilización del suelo y economía del agua en la región semiárida de Huerca-Overa (Almería). *Estudios Geográficos* 1: 5–21.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 2001. El riesgo de desertificación. En: Martín de Santa Olalla, F. (ed.) *Agricultura y desertificación*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- LUDWIG, J.; TONGWAY, D.; FREUDENBERGER, D.; NOBLE, J. & HODGKINSON, K. 1997. *Landscape ecology. Function and management*. CSIRO. Collingwood.
- MARTÍN GALINDO, J.L. 1998. Almería: Paisajes agrarios. Espacio y sociedad. De la agricultura morisca a los enarenados actuales. Universidad de Valladolid. Valladolid.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA PAREDES, A. 1996. Diseño de sistemas de recolección de agua para la repoblación forestal. Mundi-Prensa. Madrid.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA PAREDES, A. 1998. Desarrollo de un modelo sobre recolección de agua aplicable a la restauración forestal. *Ecología* 12: 93–104.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA PAREDES, A. 1999. El modelo hidrológico MODIPÉ. *Montes* 55: 77–82.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA PAREDES, A. 2002. Principles for designing endorheic microcatchments. En: J.L. Rubio, R.P.C. Morgan, S. Asins & V. Andreu (eds.). *Third International Congress 2000. Man and Soil at the Third Millennium*; tomo I: 507–520.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. & MONGIL, J. 2001. Algunos criterios para el diseño de sistemas de recolección de agua en repoblaciones forestales. *Actas III Congreso Forestal Español*; Mesa 3: 272–277.
- MORALES GIL, A. 1969. El riego con aguas de avenida en las laderas subáridas. *Papeles de Geografía de la Universidad de Murcia* 1: 167–183.
- MORALES GIL, A. 1989. Abandono y desorganización de los sistemas de riegos de turbias. Su incidencia en la escorrentía. En: López Gómez, A. (ed.) *Los paisajes del agua*. Universidad de Valencia y Universidad de Alicante. Valencia.

- NAVARRO, C. 1968. Problemas agrarios en un sector de clima semiárido: Campo de Aguilas. *Revista de Geografía III*: 5–39.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. 1995. Erosión y desertificación en España. *El Campo* 132: 63–83.
- UNCCD. 1994. United Nations Convention to Combat Desertification. Secretaría de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. Bonn.
- VILÁ VALENTÍ, J. 1961. La lucha contra la sequía en el sureste de España. Seminario de Geografía de la Universidad de Murcia; 25–44.