

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/255949334>

Hidrología Forestal y conservación de suelos en medios insulares volcánicos

Chapter · June 2013

CITATIONS

0

READS

1,017

2 authors, including:



[Juan Carlos Santamarta](#)

Universidad de La Laguna

328 PUBLICATIONS 695 CITATIONS

SEE PROFILE

Hidrología Forestal y conservación de suelos en medios insulares volcánicos

Juan Carlos Santamarta Cerezal
Juan Guzmán Ojeda

1. Introducción

En las islas volcánicas, confluyen dos factores importantes a la hora de hablar de la hidrología forestal y la conservación de suelos. El primero es el régimen torrencial de lluvias, esto supone que los barrancos tienen un comportamiento muy irregular en relación a sus caudales, que son secos durante la mayor parte del año, pero que, debido a fuertes lluvias en un breve intervalo de tiempo, se generan crecidas importantes y destructoras, con grandes arrastres de material en determinados casos. Generalmente en terrenos continentales estas situaciones se dan en zonas áridas o semiáridas o bien en zonas de alta montaña. Este caso comentado es el usual en Canarias y en general en las islas volcánicas, barrancos secos durante la mayor parte del año, que fluyen con agua y materiales sueltos cuando hay lluvias torrenciales, los barrancos se pueden asemejar a las ramblas del Mediterráneo.

El segundo factor es la morfología y pendiente de las islas, debido a que se forman a partir de un estratovolcán o varios, esto hace que, debido a la lluvia, los materiales que están en las laderas, se transporten hacia los barrancos, creando canalillos, surcos e incluso cárcavas en los valles. Esta pendiente también condiciona y dinamiza la velocidad del agua, muy elevada, favoreciendo el arrastre de los materiales sueltos, incluso de materiales de dimensiones elevadas que se encuentran en el fondo del barranco.

Estos materiales arrastrados, generan aguas abajo problemas a las poblaciones, cuando no son evacuados correctamente los caudales, como es el caso de puentes u otras obras de paso con secciones reducidas, mal calculadas o bien taponadas por residuos, no dejan pasar correctamente las crecidas o avenidas cuando éstas se producen, con lo que se forman pequeñas presas, inundando su zona de influencia.



Figura 14.1; Obstrucción de un cauce de un barranco en la zona norte de Tenerife (Santamarta JC, 2010)

2. Los suelos volcánicos

La tipología de suelos representada en los terrenos volcánicos son los *andosoles* y los *aridisoles*. En los *andosoles* el material original lo forman, fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre otros materiales volcánicos como son las tobas, pumitas, lapillis (picón, negro o rojo) y otros productos de eyección volcánica (Guerra et al., 2003). Suelen aparecer en pendientes importantes lo que obliga a los agricultores a realizar abancalamientos para su uso. El perfil es de tipo AC o ABC.

Los Andosoles con carácter ándico es la tipología de suelo que ocupa una mayor extensión en las áreas forestales de Canarias y la erosión hídrica es el mayor factor que influye en el creciente proceso de desertificación que se observa en la mayoría de islas del archipiélago Canario (Rodríguez et al., 2002).

Otros suelos presentes en regiones volcánicas como Canarias son los Vertisoles, Aridisoles, Ultisoles, Alfisoles, Inceptisoles y los Entisoles. Estos suelos se distribuyen en secuencias altitudinales climáticas y cronológicas atendiendo a factores ambientales como el clima, la topografía o la edad de los materiales parentales. Los Aridisoles se sitúan en las zonas costeras coincidiendo con condiciones climáticas áridas. Los Vertisoles suelen ubicarse en cotas superiores relacionados normalmente con depósitos coluviales. En un nivel más alto suelen encontrarse los Alfisoles y los Ultisoles, estos últimos en localidades con mayor humedad. Los Inceptisoles son suelos incipientes se localizan en todas las franjas altitudinales excepto en la costa. Los Entisoles están relacionados con la presencia de materiales geológicos recientes o topografías abruptas que dificultan el desarrollo edáfico.

El suelo es un elemento del ecosistema difícilmente recuperable, la degradación de sus propiedades iniciales (físicas, químicas y biológicas), así como la pérdida de nutrientes y de sus partículas más finas, hacen que el proceso de regeneración sea muy lento.



Figura 14.2; Formación de un suelo volcánico en Hawái. (Santamaría JC, 2011)

Factores tales como pendientes superiores al 30%, cobertura vegetal inferior al 60%, elevada erosividad de las lluvias fuertemente estacionales y otros factores antrópicos de uso del suelo, determinan en mayor medida que la erodibilidad en sí misma, el grado y la intensidad de la morfología erosiva (Ortega et al., 1992).

3. El problema de la erosión en los medios insulares

La erosión es un proceso natural de naturaleza física y química que desgasta, destruye y transporta continuamente los suelos y rocas de la corteza terrestre. Este proceso se puede ver acentuado, modificado o corregido, por la acción antrópica.

La mayoría de los procesos erosivos son resultado de la acción combinada de varios factores, como el calor, el frío, los gases, el agua, el viento, la gravedad y la vida vegetal y animal. En algunas regiones predomina uno u otro factor, como el agua y el viento en las islas volcánicas.

La erosión depende de los siguientes factores;

$$\mathbf{ER = f(R, G, S, V)}$$

- R = Factor que depende de la cantidad e intensidad de la lluvia.
- G = Factor que depende de la pendiente y topografía del terreno.
- S = Factor que depende de las propiedades físicas y químicas del suelo.
- V = Factor que depende de las características de la cobertura vegetal.

El proceso de erosión hídrica, comienza con la lluvia, que cae en el suelo disgregándolo, posteriormente se forma la escorrentía, se crea entonces un flujo laminar de los terrenos más elevados de las laderas, es conducido hacia las zonas más bajas en pequeños regueros que se transforman rápidamente en grandes cárcavas de difícil corrección y tratamiento.

La aparición de la erosión en cárcavas, guarda en gran medida relación con tales prácticas inadecuadas de utilización de la tierra. La erosión en cárcavas es una de las expresiones de la erosión superficial, y ocupa, dentro de ésta, el nivel

máximo de erosión. Este tipo de manifestación es precedida por los procesos anteriores, (laminar , surcos) , al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad.

Al proceso de la erosión se le considera uno de los principales problemas ambientales a nivel global, asociado, en gran medida, a la pérdida de cubierta forestal. El esquema de funcionamiento de la erosión es por una parte el desprendimiento del material, transporte (por agua, viento...) y finalmente depósito, en el caso de una isla volcánica este depósito, en general se lleva a cabo en las zonas cerca de costa de los barrancos, de hecho hay zonas en Canarias, concretamente en barrancos de La Gomera donde se han llegado a estimar potencias de acarreo de más de 100 m.

En el caso de las islas Canarias, unas 329.000 hectáreas, el 43% de su superficie, están sometidas a intensos procesos de erosión debidos a la acción de la lluvia y el viento, siendo Fuerteventura y Gran Canaria las islas que sufren el problema de una forma más acuciante.

Tabla 14.1; Porcentaje de territorio en Canarias expuesto a la erosión (Gobierno de Canarias, 2007)

ISLA	% DEL TERRITORIO SOMETIDO A EROSIÓN
Fuerteventura	59.4%
Gran Canaria	56.7%
La Gomera	47.1%
Tenerife	41.9%
Lanzarote	30.6%
El Hierro	15.8%
La Palma	8%
Media en Canarias	37.07%

En Canarias se pierden al año entre 10 y 50 toneladas de suelo, siendo el techo mundial 200 toneladas.

3.1. Dinamizadores de la erosión en un medio insular

Los factores que catalizan la erosión en las islas Canarias y que se pueden extrapolar a otros medios insulares son

- Lluvias torrenciales.
- Sobrepastoreo.
- Sobreexplotación de los recursos hídricos.
- Cambios de uso del suelo, urbanización e infraestructuras civiles.
- Incendios forestales.
- Minería de superficie.
- Salinización del suelo

3.1.1. Lluvias torrenciales

En algunas ocasiones se producen lluvias intensas, localizadas principalmente en la cabecera de los barrancos, estas lluvias, ocasionan fenómenos erosivos de importancia. Los principales factores que actúan en la generación de los caudales sólidos y líquidos que llegan a los barrancos y son transportados por ellos están relacionados con las características de la precipitación y de la cuenca (pendiente, vegetación), la erosión hídrica y la dinámica de los cauces. Por lo tanto las características que hay que tener en cuenta en una precipitación y en la microcuenca volcánica donde se produce son las siguientes:

Características de la lluvia;

- Duración.
- Frecuencia.
- Intensidad.
- Distribución temporal.

Características de la microcuenca;

- Morfología: Área, longitud, pendientes, cota media...
- Capacidad de almacenamiento: Concentrado en depósitos puntuales o distribuidos sobre el área.
- Tipo y uso del suelo.



Figura 14.2; Arrastre de sólidos en el barranco de las Angustias en la isla de La Palma.(Santamarta J, 2008)

En un terreno volcánico, la mayor producción de sedimentos y escorrentía tiene lugar con las lluvias que caen sobre el suelo seco, esto es debido a la hidrofobicidad de los horizontes orgánicos de los *andosoles* (Guerra *et al.*, 2003)

Entre las efemérides relativas a lluvias torrenciales en las islas destaca la ocurrida sobre Garachico el 11 de Diciembre de 1645, conocido como el “*Diluvio de San Dámaso*”. Se calcula que murieron más de cien personas y supuso el inicio del declive del puerto de Garachico. Otro temporal famoso de viento y agua fue el de 1826, entre el 7 y 8 de noviembre, cobrándose la vida de al menos 253 personas en las islas de Gran Canaria y Tenerife. En 1957 en La Palma ocurre la conocida “*Tragedia*

del Llanito”, en que una crecida acaba con la vida de unas 30 personas en Breña Alta. La más reciente el 31 de marzo de 2002 en Santa Cruz de Tenerife, con máximas de 232,6 l/m² en 24 h y 129,9 l/m² en 1 hora, lamentado la pérdida de siete vidas humanas.

3.1.2. Sobrepastoreo

Otro aspecto fundamental es el pastoreo, sobre todo cuando sobrepasa la *capacidad de carga de un pasto*, que se puede establecer según una metodología apropiada en algunas islas. *La capacidad de carga* se definiría por cuántos animales pueden haber por hectárea o cuántas hectáreas son necesarias por animal para que no exista sobrepastoreo.

Podríamos decir, de una manera sencilla, que el sobrepastoreo es someter el terreno a una cantidad mayor de cabezas de ganado de la que puede soportar, dejándolo más tiempo pastando que el conveniente o dejar el ganado en épocas inadecuadas, que no le permiten al pasto ni a los arbustos reproducirse, lo que a la larga causa erosión y a gran escala desertificación.

Las causas por las que se produce el sobrepastoreo pueden ser varias, destacando entre otras la presencia intermitente o casi ausencia del pastor que realiza estos trabajos como segunda actividad, la reducida propiedad de los terrenos en comparación al tamaño del ganado o en casos más concretos la avanzada edad del pastor y en consecuencia la tendencia a evitar desplazamientos.

Esta ganadería extensiva de un gran número de cabras, o pequeños grupos de vacas pastando en algunas islas como en El Hierro, sin ningún tipo de control, provoca el empobrecimiento y agotamiento de la calidad de los suelos. Las especies más apetecibles por el ganado tienden a desaparecer o a desarrollarse pobremente quedando el suelo desprovisto de gran parte de su cobertura frente a los fenómenos erosivos. También supone un problema para las restauraciones forestales, porque no es posible que la planta se desarrolle debido a que supone un alimento para el ganado, generalmente las cabras.

Otro problema es la remoción del suelo por el pisoteo del ganado. El sobrepastoreo facilita la desertificación de áreas semiáridas y la desprotección de las cabeceras de las cuencas de los barrancos.

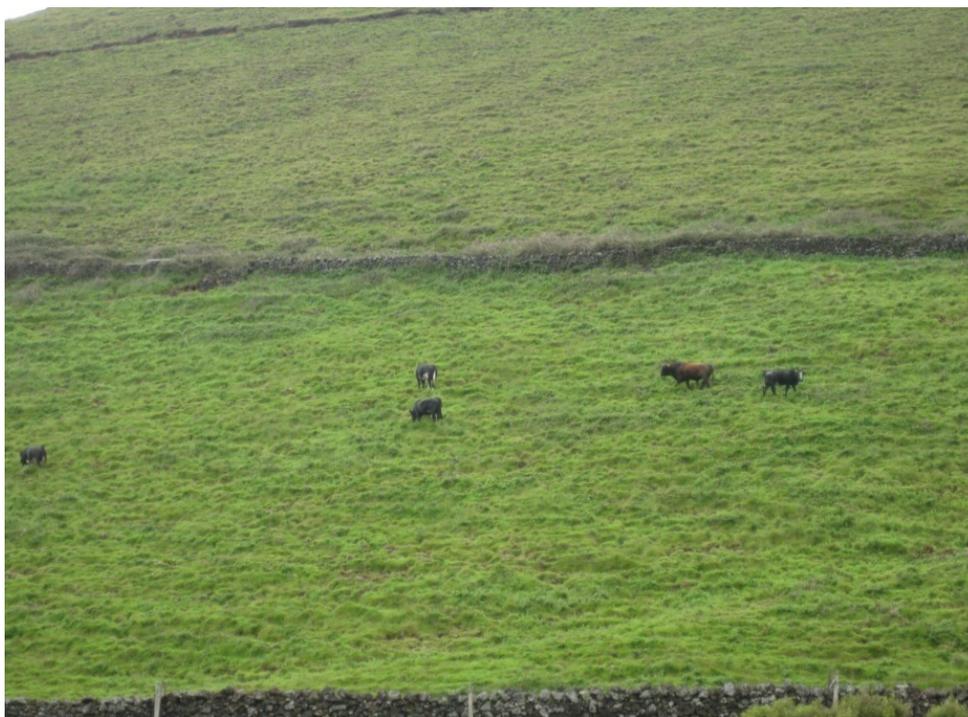


Figura 14.3; Vacas pastando en ladera en la isla de Terceira, Azores (Santamarta JC, 2011)

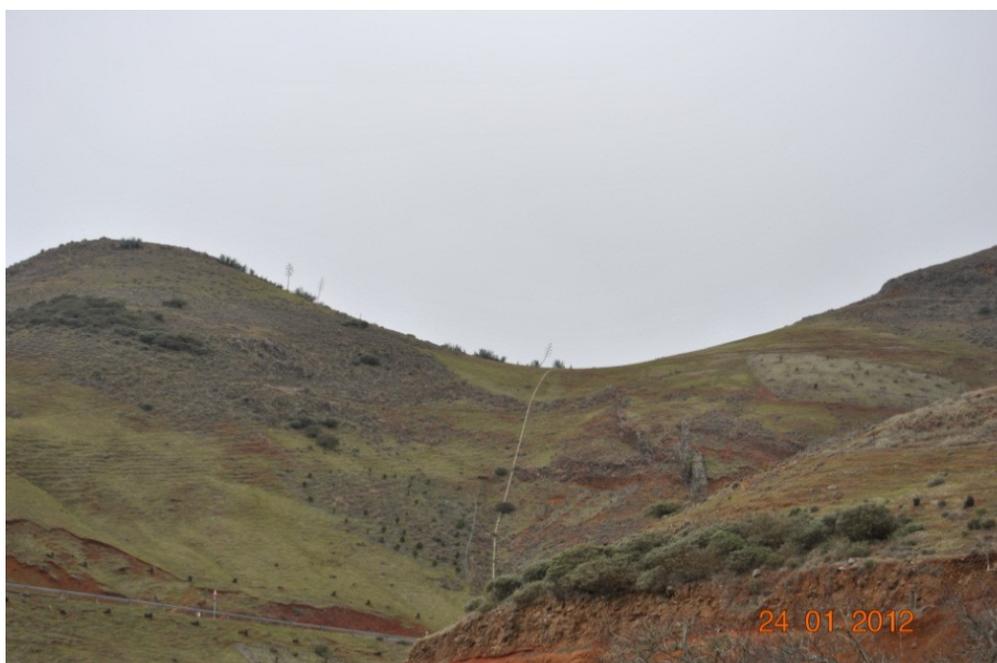


Figura 14.4; Plantación adhesada con especies silvopastoriles en zona particular conve-niada. Vallado de parcelas y alineación con protector alto junto a carretera (Guzmán J, 2012)

La solución en este factor expuesto sería una regulación consciente de la actividad de la ganadería extensiva, así como la delimitación de zonas o áreas más sensibles a la erosión, como son las laderas, siempre dentro del marco establecido de la capacidad de carga del pasto.

Entre algunas de las actuaciones que se han llegado a practicar para corregir territorios sobrepastoreados destaca la imitación del sistemas de dehesas ocupando con especies silvopastoriles (tipo Olmo, Faya, Castaño, Tagasaste o Higuera) las partes más erosionadas y protegiendo el conjunto mediante valla cinegética.

3.1.3. Sobreexplotación de los recursos hídricos

La consecuencia inmediata de la sobreexplotación de los recursos hídricos, es la salinización de los mismos, este hecho afecta de manera notable al suelo y sus procesos, cuya consecuencia final es la erosión.

3.1.4. Cambios de uso del suelo, urbanización e infraestructuras civiles

El cambio de uso del territorio o suelo es un factor importante de catalización e incremento de la erosión, también el abandono de sistemas agrarios tradicionales, como por ejemplo los bancales de la Gomera, un claro ejemplo de infraestructura



Figura 14.5; Ocupación de la desembocadura del barranco de Las Angustias en la isla de La Palma (Santamarta JC, 2006)

que sujeta y conserva el suelo en laderas de elevada pendiente. Los bancales también recolectan la escorrentía e impiden que ésta transporte los materiales sueltos.

También ciertos proyectos de infraestructuras como la construcción de carreteras, aeropuertos, complejos turísticos, entre otros han contribuido con frecuencia al desarrollo de procesos erosivos.

3.1.5. Incendios forestales

El número de incendios, en unas islas cada vez más pobladas y con una vegetación tan vulnerable, supera fácilmente los 50 año al menos en las islas mayores. Actualmente se da la paradoja de que cuanto mayor sea la preparación del operativo, más grande es el incendio forestal que logra escapar al conato, normalmente en situaciones de “fuera de capacidad de extinción”. Por otro lado cada vez son menos los incendios puramente forestales y más aquellos conocidos como de interfaz urbano-forestal; es por ello por lo que este fenómeno se va convirtiendo cada vez más en una seria amenaza para la seguridad rural.

Los incendios forestales, combinados con las fuertes pendientes de las islas, es una de las principales causas de erosión y destrucción del suelo en los medios insulares, especialmente cuando las primeras lluvias del otoño o invierno resultan torrenciales.

Durante el incendio desaparece el colchón de pinillo o pinocha, quedando todos los elementos que estaban sujetos en movimiento, tanto necromasa de gran diámetro, piedras y sobre todo piñas rodantes capaces de crear muchos focos secundarios normalmente más allá de la primera línea donde los medios humanos intentan sujetar el incendio.

Una de las consecuencias más inmediatas y graves que ocurren tras los incendios forestales, es el arrastre de las cenizas y de los suelos desnudos de vegetación hacia los barrancos. Esto puede llegar a ser catastrófico en poblaciones o núcleos urbanos cercanos al monte, existen ejemplos en Canarias como las avenidas que sucedieron en Fuenfalcón en La Palma o en el Puerto de La Cruz en Tenerife, tras los grandes incendios en aquellas islas.

También los incendios forestales generan una distorsión importante en la acumulación del carbono orgánico en los suelos volcánicos. Este elemento, componente

principal de la materia orgánica, desempeña un papel clave en la fertilidad del suelo, en la retención de agua y en la resistencia a la erosión.

A nivel hidrológico un factor importante que genera un incendio forestal es la reducción de la infiltración. Cuando tras un incendio llegan las primeras precipitaciones, el flujo de agua sobre el suelo incendiado puede duplicarse o incluso triplicarse como consecuencia del volumen de sólidos en suspensión arrastrados, debido a la impermeabilidad y falta de capacidad de infiltración de la superficie del suelo.

Los efectos de un incendio forestal con respecto a la erosión y los suelos se pueden clasificar en los siguientes (Contreras et al, 2007);

- Menor agregación del suelo.
- Disminución de la cantidad de materia orgánica.
- Pérdida de nutrientes.
- Disminución de la rugosidad superficial.
- Aumento de la escorrentía superficial del suelo.

A nivel de infraestructuras hidráulicas como las presas, por ejemplo en La Gomera o en Gran Canaria, el efecto de la erosión se hace presente reduciendo la capacidad de almacenar agua del embalse.

A finales de julio de 2007, dentro de unas condiciones meteorológicas extremadamente adversas, se registraron casi simultáneamente dos grandes incendios en las islas, uno en Gran Canaria y otro en Tenerife, arrojando unas superficies aproximadas afectadas de 16.000 y 18.000 has respectivamente, la suma total de superficie arbolada fueron 18.000 has. Hasta esta fecha el mayor incendio conocido en las islas fue el acaecido en 1975 en La Palma que recorrió un total de 11.000 has.

Las obras que normalmente se realizan con posterioridad al incendio buscan un doble efecto: corregir la estética del paisaje y ordenar el combustible muerto mediante su disposición en pequeños diques o albarradas vegetales que ayuden a frenar la erosión del suelo. En este sentido las pequeñas obras de hidrotecnia nunca deben apoyarse sobre árboles vivos a fin de prevenir continuidades horizontales entre combustible vivo y muerto. Respecto a la eliminación del efecto estético, criterio

quizás más político o justificativo que técnico, debe tenerse en cuenta que las huellas del incendio no resultan inmediatamente imborrables y en este sentido una adecuada planificación y descripción de las actuaciones a realizar pueden evitar que las acciones que se acometan sean, por lo general, menos lesivas que el propio incendio forestal.



Figura 14.6; Actuaciones en un monte en la isla de El Hierro tras incendio forestal (Santamarta JC, 2009)

3.1.6. Minería de superficie

En el caso de los medios insulares en general y en Canarias en particular la extracción de áridos, si no se toman las medidas ambientales adecuadas finalizan en un proceso erosivo grave, en las zonas afectadas. Esta tipología minera, remueve el suelo y lo deja desprotegido a expensas del agua, también cambia las dimensiones y la forma del terreno. Las plantas de áridos causan además un gran impacto ambiental y paisajístico.

El problema en un territorio fragmentado, como el canario, con una presión turística y urbanística importante, es que la economía necesita los áridos. Estos provienen de las cuencas sedimentarias insulares, por ejemplo del Valle de Güímar. Por lo que esta actividad tiene relación con la hidrología superficial insular.

En las islas Canarias existen casi cien explotaciones. De conformidad con la información recogida en el Censo de Explotaciones Mineras de Canarias, año 2007, existen un total de 94 explotaciones mineras en Canarias: 65 en la provincia de Las Palmas y 29 en Santa Cruz de Tenerife.

El principal sector de la actividad minera en Canarias es el de los áridos, empleados principalmente para edificación y obra pública. El segundo sector en importancia son las rocas ornamentales, y, por último, para uso industrial.



Figura 14.7; Planta de extracción de áridos y erosión en la ladera en la isla de Terceira, Azores (Santamarta JC, 2011)

El problema en las islas en este sentido es que existen plantas ilegales, que suministran parte de la demanda que tiene las Islas con plantas machacadoras que no cuentan con autorización administrativa, ni cumplen con los requisitos técnicos mínimos establecidos en la legislación vigente (marcado CE, normativa EHE) y que no garantizan la posterior restauración e integración ambiental de la zona, por lo que se crean territorios propensos a la erosión.

Aunque existe inventario de canteras abandonadas lo cierto es que hasta la fecha no se ha llevado a cabo un programa en Canarias, dirigido o continuado de restau-

ración con elementos inertes y posterior repoblación forestal para la recuperación del paisaje.

3.1.7. Salinización edáfica

La ausencia de una primera línea de vegetación costera que sea capaz de interceptar la sal impulsada especialmente por los vientos nocturnos supone la libre entrada de sal marina hacia el interior de la isla. Este factor dependerá especialmente de la disposición orográfica de las costas, penetrando tierra adentro cuanto menor sea la pendiente, así como de la intensidad de los vientos. Los sedimentos salinos transforman las propiedades químicas del suelo degradando los mismos e impidiendo el desarrollo y la instalación de la vegetación potencial.

En islas como Fuerteventura, donde este efecto es muy evidente, y donde además se le suman otra serie de fenómenos erosivos de origen antrópico, se dice que la influencia salina puede llegar a conectarse entre costas en determinadas partes de la isla.

4. Hidrología y masas forestales. Implicación en los recursos hídricos superficiales y subterráneos

En una isla volcánica, la influencia de sus masas forestales en relación a los recursos hídricos superficiales y subterráneos es fundamental, primero porque las masas forestales tienen un papel importante en la recarga del acuífero insular y por ende, de los recursos subterráneos, ya que los árboles, funcionan como elementos canalizadores y reguladores de la precipitación, tanto vertical (convencional) como la horizontal o precipitación de niebla. Las raíces penetran en el terreno, incluso en la roca, fracturando ésta, canalizando el agua que capta o la que le llega por precipitación; el agua percola a horizontes inferiores.

En el caso del archipiélago canario, en las islas occidentales principalmente, el efecto de recarga del acuífero se ve incrementado por la presencia de masas forestales (laurisilva y pinar, generalmente), posicionadas en zonas estratégicas de las vertientes de *barlovento* y en algunas ocasiones a *sotavento*, donde se encuentra localizado el acuífero, con el mismo nombre. Este acuífero está sobrelevado por *diques geológicos*. Particularizando para el caso de la isla de Tenerife, se observa que la mayoría de las galerías o minas de agua están embocadas hacia las vertientes y en

superficie se disponen todas las masas forestales de la corona forestal. Mediante técnicas isotópicas se pueden corroborar estas teorías.



Figura 14.8; Efecto del sistema radical del *Pinus canariensis* en la roca basáltica, favoreciendo la infiltración. (Santamarta J, 2007)

Otro aspecto fundamental es la relación con la conservación del suelo: El bosque protege al suelo contra la erosión de forma directa.

- Reduce la energía cinética de la lluvia, en particular de las gotas de lluvia, evitando que se use esa energía, en separar y transportar partículas del suelo. En este caso el colchón de pinillo o pinocha, aunque se trate de biomasa seca, juega un importante papel de contención de suelo, sobre todo a nivel de cabecera de las cuencas.
- Las raíces contribuyen a la sujeción y la estructura del suelo.
- La vegetación ofrece resistencia al agua en su movimiento y disminuye la velocidad de escorrentía así como la energía de la lámina de agua. Este efecto es más importante en zonas insulares con pendientes importantes que hacen que el efecto de la erosión se muestre más agresivo.

Una base técnica importante de una buena gestión de los recursos hídricos es la *gestión integrada*, esto es, en una isla todos los factores naturales, masas forestales, barrancos... afectan a los recursos hídricos subterráneos, por la poca extensión del territorio, cualquier afectación a uno de estos factores nombrados generan un desequilibrio o perturbación que afecta a los recursos hídricos subterráneos. Un ejemplo es un incendio forestal, ya que elimina parte de la masa forestal, por lo que se provocan los siguientes desequilibrios:

- Pérdida de suelo.
- Incremento de la impermeabilidad de la superficie, por lo tanto aumento de la escorrentía y velocidad de la misma. Al haber una disminución de la permeabilidad, se reduce la infiltración.
- Pérdida de masa forestal, por lo tanto, pérdida de recursos atmosféricos
- Pérdida de los sistemas de raíces que favorecen la infiltración
- El suelo no sujetado por la masa forestal, se incorpora a los barrancos con las lluvias, provocando más erosión y arrastres de sólidos, si cabe y disminuyendo las capacidades de los embalses, aguas abajo.

Por lo tanto perturbando un factor, repercute en los otros recursos hídricos tanto, en los superficiales, los subterráneos, como los atmosféricos, por eso la mayoría de los factores que afectan a los recursos hídricos subterráneos, están plenamente interrelacionados con los otros factores, tanto hidrológicos como los *forestales*.

En definitiva, el bosque es un gran regulador de recursos hídricos tanto subterráneos como superficiales incluso atmosféricos. Los primeros son fundamentales para la recarga del acuífero. En el caso de los recursos hídricos superficiales presenta una importancia como regulador de la escorrentía y del mantenimiento del correcto estado de las captaciones superficiales, como los tomaderos o presas, incluso balsas construidas, en los trazados de los barrancos, al reducir el transporte de sólidos.

5. La restauración hidrológica forestal en Canarias

5.1. Conservación de suelos mediante diques de corrección torrencial

Esta tipología de obra forestal tiene como función la mejora del régimen hídrico insular, el correcto mantenimiento y diseño de las infraestructuras hidráulicas de almacenamiento de recursos hídricos como las presas y embalses, luchar contra la erosión, conservar los suelos del archipiélago canario, así como incrementar la infiltración de los terrenos volcánicos que indirectamente recargaran el acuífero en las zonas de las dorsales.

El diseño de las obras apropiadas en cada microcuenca, debe hacerse después de conocer los resultados de los estudios hidrológicos y geomorfológicos del tramo que recibe la influencia de la construcción de dichas hidrotecnias. Estos resultados, presentan pronósticos sobre la evolución futura de la corriente del agua, cuando se produzca y estimaciones sobre magnitudes de los caudales medios, mínimos y de avenida, niveles mínimos, máximos y medios, posibles zonas de inundación, velocidades de flujo, capacidad de transporte de sedimentos, socavación y acumulación de sedimentos.

Los diques de contención de sedimentos arrastrados por las lluvias, son básicamente pequeñas presas de gravedad cuya función es retener los materiales sueltos que fluyen en los cauces de los barrancos cuando éstos llevan un caudal de agua. Su cálculo es muy básico, generalmente como una pequeña presa de gravedad, pero su aportación al mantenimiento de otras infraestructuras hidráulicas de almacenamiento de aguas, en otras zonas de la isla, así como la conservación del suelo, fundamental en un territorio insular como el canario con grandes pendientes, orografía pronunciada y un régimen torrencial de lluvias.

Las obras más comunes que se utilizan en Canarias, para la corrección hidrológica son las siguientes:

Obras transversales para control del régimen torrencial. Funcionan como pequeñas presas vertedero. Su objetivo principal es el de reducir la velocidad del flujo en un tramo específico, aguas arriba de la obra. Actúan como estructura de control. Pueden colapsar por una mala cimentación, o por socavación generada inmediatamente aguas abajo. Por eso se suele disponer de un cuenco amortiguador construido con el mismo material que el dique, lo que se suele denominar *zampeado del dique*.



Figura 14.9; Dique de corrección torrencial de mampostería hidráulica en Fuerteventura. (Santamarta JC, 2009)

Dentro de la presente sección, se definen como grandes diques, a aquellos de cuya altura supere los 8 m desde la cota de cimentación, en este caso encontramos varias representaciones en Fuerteventura y Tenerife, la experiencia y posteriores estudios técnicos indican que no son muy favorables, a efectos de otras obras hidráulicas de captación aguas abajo debido principalmente a una mala localización dentro de la cuenca y por su elevada dimensión, si no están provistos de grandes mechinales o troneras, que dejen fluir los pequeños caudales, esta obra funciona más como una presa, sin función de almacenamiento de agua, que como un dique de contención de sedimentos propiamente dicho. Su grado de colmatación suele ser muy pequeño no superando en muchos caso el 20%, si bien a favor de esta tipología de obra es justo valorar su función como recargadora del acuífero en la zona donde se encuentran por el mantenimiento de una lamina de agua que poco a poco se va infiltrando en función de las características del terreno, muy al estilo de cómo se realiza en otras islas, del Mediterráneo, como Chipre.

Los **diques de gaviones y mampostería hidráulica**, son los que más representación tienen en el archipiélago canario y en general es la estructura óptima para el cometido planteado anteriormente. Es de destacar su fácil cálculo estructural y diseño,

como una presa de gravedad (altura útil, altura vertedero, comprobaciones de estabilidad, disipador de energía etc....).

En algunas situaciones y por su coste reducido se utiliza directamente materiales del propio territorio, piedras y bloques, formado pequeños muros transversales en cauces de reducida dimensiones, también de notable utilidad, se pueden ver en todas las islas pero principalmente en la isla de Fuerteventura, muy similares a las *cadena*s de las laderas.

El diseño de estas obras combina varias disciplinas; hidrología superficial, geotecnia y cálculo de estructuras. Estas disciplinas suministran la información básica que permite determinar las condiciones de cimentación y la magnitud de las fuerzas que van a actuar sobre las obras que se proyecten.

La construcción de estos elementos no supone muchos problemas técnicos, son rápidos de construir. Lo complejo realmente de esta tipología de obras es la situación o localización de las mismas en la cuenca volcánica, para ello es absolutamente necesario realizar un estudio hidrológico (hidromorfología, caudal, pendiente...) de la cuenca, determinar la erosión hídrica y estimar aproximadamente la cantidad de acarreo que transporta el cauce para llegar a una pendiente de compensación óptima. Estos últimos estudios, debido a la heterogeneidad de la cuenca y de los materiales que la componen resulta ser una misión notablemente complicada en un terreno volcánico.

Por otro lado hay que tener en cuenta las grandes velocidades que alcanzan las aguas torrenciales medidas, en torno a los 10 m/s, hecho que complica aún más la gestión y mitigación de los efectos de estas aguas.

Las **obras lineales hidrológicas**, complementan a las anteriores infraestructuras por ejemplo, muros y escolleras ubicadas en los márgenes de barranco, que evitan el aporte de material arrastrado por la escorrentía de la ladera y encauza en cierta manera el barranco. Las obras longitudinales en los barrancos, se utilizan generalmente en la intersección de dos cauces, con el fin de disminuir la energía de ambos, en este punto crítico donde se suman caudales y materiales de ambas líneas de agua.

Por último, los **encauzamientos de barranco**, aunque aplicados a cauces torrenciales son más bien una tipología de obra de ingeniería civil que ambiental y forestal, sirven para encauzar la lámina de agua principalmente en zonas del barranco que transcurren por núcleos urbanos o cerca ya de la desembocadura de los barrancos. En Dinamarca este tipo de obras se ejecuta desde una perspectiva de la *bioingenie-*

ría, sustituyendo el muro de hormigón por plantaciones y tapices verdes apoyados en escolleras de forma más o menos natural y sin impacto paisajístico y ambiental apreciable.

Por último se destacan las pequeñas hidrotecnias, pequeños diques ejecutados mediante piedras o material biológico tipo troncos o *fajinas* fundamentales en restauraciones tras incendios por su rapidez y coste prácticamente nulo, al disponer del material quemado por el incendio.

Los materiales de uso frecuente en este tipo de obras son los siguientes:

- Piedra volcánica suelta.
- Mampostería.
- Gaviones.
- Fajinas (restos vegetales).
- Maderas o tablestacas.
- Hormigón: ciclópeo, en masa o armado
- Prefabricados.

Otra característica de estos sistemas de conservación de suelos es que una vez colmatados los diques, los sedimentos acumulados ofrecen un nuevo nicho ecológico para la restauración vegetal, ya sea de manera espontánea a través de la regeneración natural o artificialmente introduciendo planta desde el vivero forestal. Una especie con la que se han practicado ensayos con buenos resultados en la Cuenca de Tejeda es la Palmera Canaria (*Phoenix canariensis*).

Según el Catálogo Regional de Hidrotecnias (Gobierno de Canarias 2001), el 80% de las obras ejecutadas se encuentran en buen estado, predominando los diques de mampostería gavionada. El nivel medio de aterramiento es del 20%. Gran Canaria es la isla en la que más diques se han construido con cerca de 1.200, concentrados sobre todo en la Cuenca de Tejeda donde se trabajó durante más de 15 años (1981-1994).



Figura 14.10; Dique en cuenca en Gran Canaria. (Santamarta JC, 2011)

A juzgar por el potencial de erosionabilidad del terreno quizás deberían ser la isla de Lanzarote y Fuerteventura las que mayor inversión deberían haber recibido, si bien la suavidad general de sus cauces, en comparación con otras islas, evita que se produzcan fuertes avenidas. No obstante cabe decir que la eficacia de los diques en estas islas puede verse muchas veces reducida o mermada sobre todo cuando el tiempo de aterramiento o colmatación es relativamente rápido. Una de las prácticas que se han demostrado muy efectivas en Fuerteventura para reducir la erosión es la reconstrucción de antiguos muros de bancales agrícolas a fin de detener el origen de nuevas cárcavas.

Finalmente, es importante destacar, que en las Islas Canarias, es fundamental la coordinación de las diversas administraciones implicadas en este tipo de actuaciones, por un lado la administración ambiental, con el propósito de restauración vegetal y medidas contra la erosión y por otro la administración hidráulica, con el propósito del aprovechamiento y gestión de las aguas superficiales así como el mantenimiento de las infraestructuras de captación y almacenamiento en correcto estado y funcionamiento.



Figura 14.11: Dique en Barranco de Tenesía, Lanzarote. Construido en 1996 y ya colmatado en 2001. Fte: Catálogo Regional de Hidrotecnias (Gobierno de Canarias 2002)

6. El concepto de barreras verdes

Este concepto urbanístico se destinaba a la construcción de barreras naturales con árboles en dos sentidos; uno el estético para tratar de ocultar algún impacto ambiental sobre todo de explotaciones mineras o plantas de tratamientos de áridos y el segundo propósito para atenuar el ruido, absorbiendo ondas sonoras, este uso no es muy eficaz debido a su elevado coeficiente de transmisión, además hay que tener en cuenta la especie y su disposición en la barrera.

En el caso de la isla de Gran Canaria este concepto se ha introducido coloquialmente como un elemento ambiental de gran importancia ecológica, hidrológica, de defensa del monte e incluso como dinamizador socioeconómico. También en la isla de La Gomera se han realizado obras de carácter similar denominándose “restauración de bosques de galería”.

Las barreras verdes se localizan en los fondos de barranco de las redes hidrográficas insulares, normalmente de geometría radial. Desde el punto de vista de la vegetación potencial estas zonas albergan formaciones normalmente monoespecíficas, a veces con azonalidad edáfica (palmeral, saucedal, tarajalera), y en el caso del monte verde alberga la imponente, por su altura, “laurisilva de galería” con dominancia de especies como el Til (*Ocotea foetens*), el Viñátigo (*Persea indica*) o el Barbusano (*Apollonias barbujana*). Estos ecosistemas mantienen una rica biodiversidad tanto vegetal como animal y estéticamente incorporan al paisaje un valor positivo.

En el caso de Gran Canaria esta acción se corresponde con una labor forestal activa por cuanto lo que se busca es la transformación de la vegetación que actualmente existe, normalmente muy alejada de su óptimo forestal y muchas veces con abundancia de especies introducidas, invasoras y de fácil ignición que suponen un riesgo importante para la seguridad de la población.

6.1. Objetivos

Reducción de la erosión e intensidad de avenidas. En los barrancos volcánicos se concentran la mayoría de los procesos erosivos, debido a las lluvias torrenciales características de las Islas Canarias, esto unido a las pendientes de las laderas que acompañan a los barrancos suponen una pérdida de suelo importante en el caso de que no haya vegetación que sujete el terreno. Otro efecto interesante es la reducción de la velocidad del agua, cuando los barrancos fluyen el arrastre de materiales se reduce y consiguientemente la erosión del cauce.

Aumento del efecto del rocío y la precipitación horizontal. Si bien en las Islas Canarias los efectos de la *precipitación de niebla u horizontal* están bien estudiados no es así con el efecto del rocío. El rocío es un fenómeno físico-meteorológico en el que la humedad del aire se condensa en forma de gotas por la disminución brusca de la temperatura, o el contacto con superficies frías. Se habla de rocío en general cuando se trata de condensación sobre una superficie, usualmente la cubierta vegetal del suelo. Este efecto se da en las Islas Canarias de madrugada y es un gran aporte hídrico desconocido, principalmente en barrancos y laderas arboladas expuestas a los vientos alisios que por el día regulan los recursos hídricos de la *precipitación horizontal* y por la madrugada la de rocío.

Uso como defensa del monte contra incendios forestales. El objetivo es transformar la vegetación de los barrancos para evitar que sigan siendo conductores de los incendios. Mediante las especies seleccionadas se crean barreras húmedas que dificultan y previenen el avance de los incendios forestales a lo largo y alto del barranco volcánico, sobre todo el *efecto chimenea* de los mismos.

Filtros ecológicos. Puede actuar de filtro entre el barranco y el ambiente adyacente, impidiendo el flujo de agroquímicos y productos orgánicos, como desechos agropecuarios.

Por último están los **factores ecológicos y socioeconómicos**, ambientalmente hablando, como pasillos de biodiversidad y como aprovechamiento de áreas de valor económico para las comunidades afectadas.



Figura 14.12; Pasillo de barreras verdes en un barranco en Gran Canaria (Santamarta JC, 2008)

6.2. Elaboración de las barreras verdes

Las labores de barreras verdes se inician en Gran Canaria en el año 2004 seleccionando a pequeña escala barrancos localizados en áreas forestales y bajo un punto de vista de mejora ecológica y mejora de las zonas socioeconómicas adyacentes. Tras el gran incendio de 2007 la limpieza de barrancos para la prevención de incendios se hace extensiva a toda la isla, reduciéndose la carga de combustible en muchos barrancos pero sin llegar a reforestar todas las zonas de actuación.

Inicialmente deben de estudiarse los factores morfológicos y geométricos del barranco, la vegetación naturalmente establecida en el cauce y las posibilidades de acceso y mantenimiento posterior. Por lo general resulta necesario realizar una labor de desbroce previo sobre todo frente a zarzas (*Rubus ulmifolius*) y cañas (*Arundo*

donax), e incluso de limpieza de residuos sólidos hasta el extremo de encontrar vehículos abandonados.

Según los acuerdos alcanzados con el organismo competente en materia de dominio público hidráulico en el tercio central del cauce no se realizará ninguna plantación. La distribución de planta se corresponde con el marco de tresbolillo, mientras que la relación de espaciamiento será variable entre dos y tres metros.

6.3. Especies forestales utilizables

La cualidad de las especies a repoblar variará según condiciones ecológicas y socioeconómicas de cada zona, predominando las especies de porte arbóreo sobre las de porte arbustivo.

Cada tramo de barranco responderá por lo general a una influencia pudiendo diferenciar entre:

- Tramos de influencia agroforestal.
- Tramos de influencia silvopastoril.
- Tramos de monteverde potencial húmedo.
- Tramos de galería de máxima higrofilia.
- Tramos de monteverde xérico -termófilo húmedo.
- Tramos de termófilo seco, saucedada y tarajalera.

Desde un principio deben descartarse especies ligadas a ciclo pirófito como Pino (*Pinus canariensis*) y Brezo (*Erica arborea*), ya que interesa que las barreras verdes actúen como cortafuegos. La elección de especie debe tener en cuenta que en los barrancos, las transiciones potenciales resultan más largas permitiendo un mayor enriquecimiento respecto a la cota real.



Figura 14.13; Madroño y faya en pie de ladera. Superación y dominio sobre el estrato invasor a partir de los 5 años. (Juan Guzmán 2012)

Las reducidas fluctuaciones de las variables ambientales en los barrancos propician, siempre y cuando exista sustrato, excelentes condiciones para el desarrollo de la vida vegetal. Esta ventaja no resulta suficiente para garantizar el éxito reforestador ya que, a su vez, la proliferación de especies invasoras es máxima. La repoblación debería diseñarse no solo según el grado de competencia, especialmente si participa la Caña (*Arundo donax*), sino también según la intensidad y temporalidad de los cuidados culturales que la plantación reciba con posterioridad, de ahí deriva la necesidad de una adecuada y realista planificación forestal.

En zonas potenciales del monteverde Madroño (*Arbutus canariensis*) y Faya (*Morella faya*) han demostrado excelentes resultados en competencia con Zarza (*Rubus ulmifolius*) y Helecho (*Pteridium aquilinum*), con al menos dos intervenciones de reducción de competencia.

En condiciones de humedad y en presencia de Olmedas (*Ulmus minor*), capaces de frenar al matorral invasor, resultan muy interesante las acciones selvícolas usando esta formación como vector para la laurisilva.

En zonas más bajas donde predomina el cañaveral el desbroce se ha acompañado numerosas veces con astillado del material, creando “mulching”, y posterior empradizado

o “domesticado” mediante cortes sucesivos o también desbroce químico (glifosato) con buenos resultados pero con generación de cierta controversia social.



Foto 14.4; Madroño repoblado junto a Olmeda, excelente nicho para la regeneración natural. (Juan Guzmán, 2012)



Figura 14.5; Supervivencia y desarrollo de acebuche plantado con varias savias. Barranco de San Lorenzo, Las Palmas. (Juan Guzmán, 2012)

En zonas medias y bajas la especie más utilizada ha sido el Acebuche (*Olea cerasiformis*), y han demostrado buenos resultados la plantación de matorrales como el Orobal (*Whitania aristata*) o el Guaydil (*Convolvulus floridus*). Las experiencias acometidas con especies azonales como el Tarajal (*Tamarix canariensis*) o el Sao (*Salix canariensis*) procedentes de estaquilla, demandan la producción de los mismos desde semilla, lo que seguramente, concederá a la planta mayores posibilidades de arraigo.

En aquellas zonas donde resulta más complicada la transformación se recomienda una vez tratado el matorral invasor, ya sea química o mecánicamente, elevar la densidad de la plantación y el tamaño o edad de la planta. Se han constatado buenos resultados en ensayos realizados con Acebuche (*Olea cerasiformis*) y Almácigo (*Pistacia atlantica*) con 4 savias de edad.

Bibliografía consultada y referencias

- BEN HUR, M. FERNANDEZ, C. SANTAMARTA CEREZAL, J.C. (2009); Ecological Studies. Chapter; Overland flow, soil erosion and stream water quality in forest under different perturbations and climate conditions. Ed. Springer. Germany.
- CONTRERAS MEDRANO, V., DE SOUSA BORGUES, P. (2007); Nuevos materiales para el control de la erosión tras los incendios forestales. Congreso Wildfire. Sevilla.
- DEL PALACIO [ET AL.], 1999; La restauración hidrológico-forestal en España. Gestión Sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- GUERRA, JA., ARBELO, CM. ET AL. (2003). Erosión diferencial de andosoles y aridisoles en dos zonas climáticas de Tenerife. Edafología Vol. 10.pp 229-237.
- GUZMAN OJEDA, J. (2004); Informe técnico relativo a los proyectos de creación de barreras verdes en barrancos. Servicio Técnico de Medio Ambiente. Cabildo de Gran Canaria.
- GUZMAN OJEDA, J. (2008); Creación y mantenimiento de barreras verdes: Experiencia y proyección. XV Jornadas Forestales de Gran Canaria.
- LOPEZ CADENAS DE LLANO, F. (1965); Diques para la corrección de cursos torrenciales y métodos de cálculo. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, AM., NAVARRO HEVIA, J.; Hidrología Forestal. Universidad de Valladolid. Valladolid. 1996.
- NAVARRO HEVIA J., MARTÍNEZ DE AZAGRA, AM., MONGIL MANSO, J. (2009); Hidrología de conservación de aguas. Ed. Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones.
- ORTEGA, M.J., GONZÁLEZ, M.C., PADRÓN, P.A. Y RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A. 1992; Estudio de las propiedades físicas de los horizontes superficiales de los suelos volcánicos de Canarias. Su influencia en la erodibilidad. Comunicaciones. III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Universidad de Navarra. Pamplona: 564-567
- RODRIGUEZ A, ARBELO C.D., GUERRA, J.A., MORA J.L. 2002; Erosión hídrica en andosoles de las islas Canarias. Edafología, Vol. 9 (1), pp. 23-30.
- SANTAMARTA CEREZAL, J.C. (2011); Estudio y evaluación de las hidrotecnias e infraestructuras hidráulicas para la prevención de la desertificación en el archipiélago Canario. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. Grupo de trabajo; Hidrología Forestal.
- SANTAMARTA CEREZAL, J.C. ITZJAK, M. EVLAGON, D. (2010); Forest hydrology for increasing water resources and run-off in semiarid zones. The case of the Canary Islands and the semiarid zone of Israel. 24th IUFRO Conference for Specialists in Air Pollution and Climate Change