

Cincuenta años de historia de la restauración hidrológico-forestal de la cuenca del río Corneja (Ávila)

Jorge Mongil Manso^{1,3}
Dr. Ingeniero de Montes
jorge.mongil@ucavila.es

Virginia Díaz Gutiérrez^{1,3}
Dra. Ingeniera de Montes
virginia.diaz@ucavila.es

Joaquín Navarro Hevia^{2,3}
Dr. Ingeniero de Montes
joaquin.navarro.hevia@uva.es

¹Universidad Católica de Ávila

²Universidad de Valladolid

³Forest, water and soil Research Group

La cuenca del río Corneja (provincia de Ávila) es un modelo de destrucción y restauración de la cubierta forestal a lo largo de su historia. Las roturaciones, los aprovechamientos forestales irracionales y las desamortizaciones dejaron muy maltrechos los bosques de la cuenca. Con la entrada en servicio de la presa de Santa Teresa (río Tormes), en el siglo XX, y el riesgo de llegada de sedimentos al embalse, la Confederación Hidrográfica del Duero puso en marcha un notable proyecto de restauración hidrológico-forestal que propició la repoblación de unas 800 ha y la construcción de más de 233 diques de retención de sedimentos. Con ello se consiguió no sólo recuperar la cubierta arbolada sino sus servicios ecosistémicos, así como frenar los procesos erosivos, regular el ciclo hidrológico y regenerar los suelos destruidos a lo largo de los siglos.

Palabras clave: Diques, embalse de Santa Teresa, erosión, hidrología, historia forestal, restauración forestal.

Introducción

Desde finales del siglo XIX se vienen haciendo en nuestro país trabajos de restauración hidrológico-forestal. Con ellos, los ingenieros de montes pretendían cambiar el rumbo de un país con grandes problemas de pérdida de cubierta forestal, procesos erosivos y de desertificación, así como devolver a los pueblos recursos naturales, seguridad y rentas sostenibles (NAVARRO-HEVIA *et al.*, 2017). Mediante la regeneración de los montes, su repoblación y la construcción de obras de ingeniería civil, se pretendía formar y proteger los suelos, mejorar la infiltración y la escorrentía subterránea, defender a poblaciones de avenidas, deslizamientos, aludes y dunas volantes, así como defender infraestructuras hidráulicas y viarias. De forma adicional, consiguieron recuperar los servicios que ofrecen los ecosistemas forestales y que se habían perdido a lo largo de la implacable deforestación ejercida en el transcurso de nuestra historia.

La cabecera del río Corneja es un paradigma de destrucción de los bosques naturales por una gestión tradicional no sostenible, de desarrollo de procesos erosivos diversos (erosión laminar y en regueros, en cárcavas, en cauces, movimientos en masa, caída de detritos, etc.) y, finalmente, de restauración hidrológico-forestal (MONGIL *et al.*, 2013; MONGIL-MANSO *et al.*, 2016).

Casi cincuenta años después de la ejecución de las actuaciones, nos encontramos con una restauración hidrológico-forestal ejemplar, que ha contribuido a la regeneración de los suelos y a la rehabilitación de los ecosistemas, cuyo extraordinario valor merece público reconocimiento. De hecho, aun siendo un área profundamente degradada y acaravada desde el siglo XIV hasta mediados del siglo XX, en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (MAGRAMA, 2012) esta zona ha quedado definitivamente fuera de las áreas con problemas erosivos por "cárcavas y barrancos" y resulta interesante destacar cómo la erosión en Tórtoles, Bonilla y Casas del Puerto de Villatoro se halla actualmente entre 3 y 5 t·ha⁻¹·año⁻¹. Este dato muestra cómo la restauración hidrológico-forestal ejerce un claro control de la erosión respecto a su situación original de degradación, así como la profunda transformación y mejora del paisaje (MONGIL & NAVARRO, 2012).

El objetivo de este trabajo es dar a conocer las actuaciones de restauración hidrológico-forestal de la cuenca del río Corneja (Ávila), emprendidas en la segunda mitad del siglo XX, que constituyen un relevante ejemplo de lucha contra la desertificación, así como poner de manifiesto sus actuales valores y su papel en el desarrollo rural de la comarca.

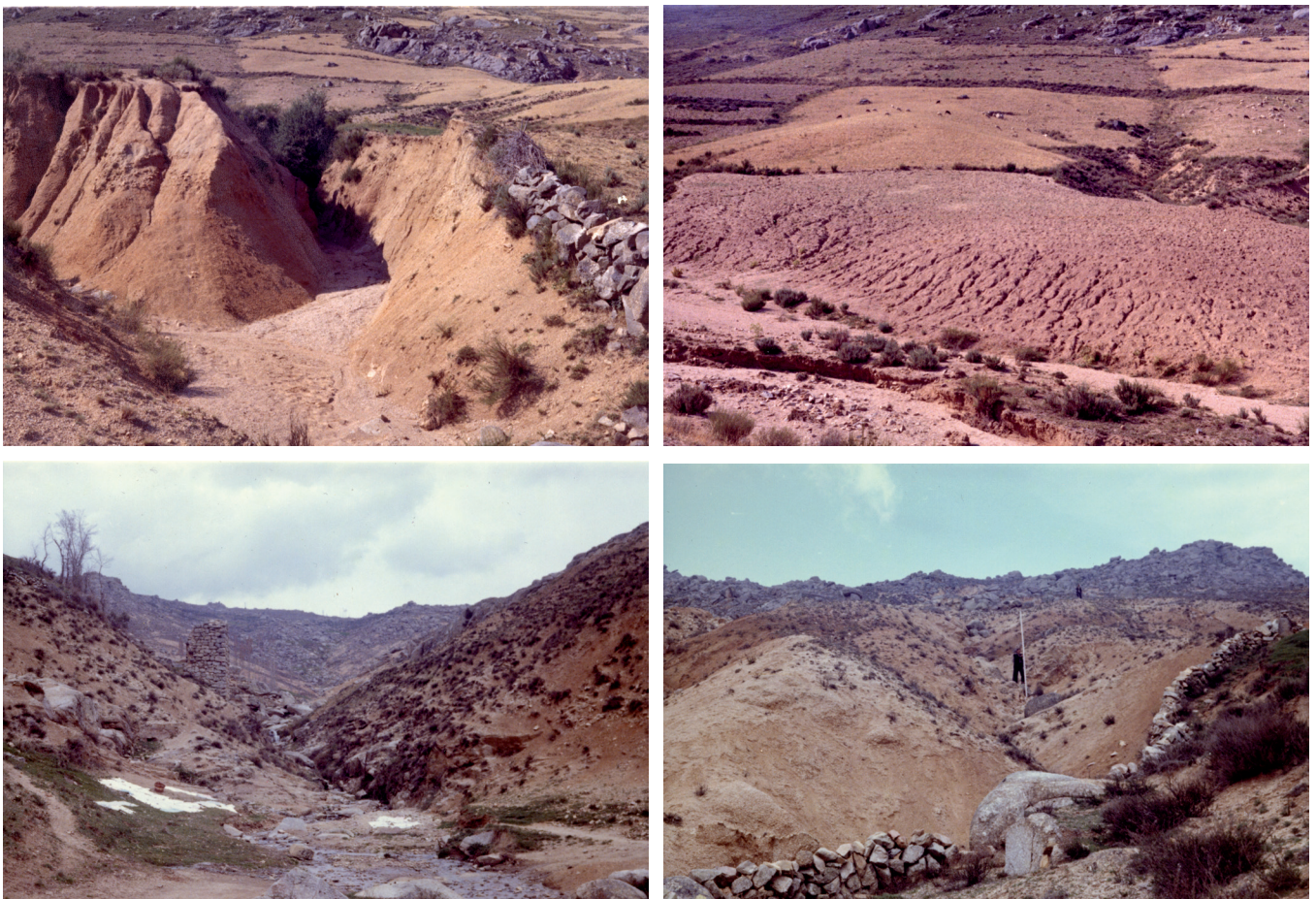
Antecedentes históricos

Con anterioridad al siglo V a.C. aparece en esta zona situada entre Ávila y Salamanca una importante transformación del paisaje con motivo de un notable desarrollo de la actividad agrícola, así como de una gran preocupación defensiva de los pueblos prerromanos (Vettones y Arévacos, principalmente) y posteriormente de los romanos. Sin embargo, hasta la Edad Media, la explotación de los recursos naturales de la provincia tuvo escasa incidencia sobre el medio natural. La cubierta original de encinares de *Quercus ilex ssp. ballota*, robledales de *Quercus pyrenaica*, y pinares de *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*, por citar sólo las formaciones más representativas, comenzó a estar en peligro cuando su explotación se tornó irracional, y cuando se iniciaron las roturaciones e incendios para favorecer el pastoreo o la instalación de nuevos terrenos de cultivo (huertos, linares, cereales, viñedos), generalmente en las proximidades de los pueblos. De las administraciones locales surgieron, ya desde el siglo XVI, normas de conservación de los terrenos forestales, pero estas se demostraron ineficaces a lo largo del tiempo, lo que, unido a las leyes desamortizadoras del siglo XIX, que afectaron especial-

mente a los montes de esta provincia, terminaron por destruir una cubierta vegetal que constituía la protección natural de los suelos frente a la erosión, regulaba el ciclo hidrológico y amortiguaba los rigores del clima (MONGIL *et al.*, 2013).

El proyecto de restauración

En 1960, se termina de construir y se pone en servicio la Presa de Santa Teresa, situada en los municipios salmantinos de Salvatierra y Montejo, en la cuenca del río Tormes. En este momento se encienden las alarmas en la Confederación Hidrográfica del Duero, debido a que las laderas de la cuenca del río Corneja, uno de los principales afluentes del Tormes, se hallaban desnudas y aportaban gran cantidad de sedimentos, que ponían en riesgo el objeto y adecuado funcionamiento del mencionado embalse. Así describe la situación el doctor ingeniero de montes David Azcarretazábal Mantecón: *"Está la zona que nos ocupa despoblada de vegetación arbórea, existiendo solamente matorral y erosiones frecuentes que proporcionan gran cantidad de arrastres que a través del río Corneja van al río Tormes, aguas arriba del embalse de Santa Teresa"*



D. Azcarretazábal Mantecón

Foto 1. Situación previa a la restauración. Términos municipales de Tórtoles y Bonilla de la Sierra (Ávila)
Fuente: Archivo Confederación Hidrográfica del Duero (1964)



Figura 1. Plano general de la restauración en el término municipal de Tórtoles (AZCARRETAZÁBAL, 1964)

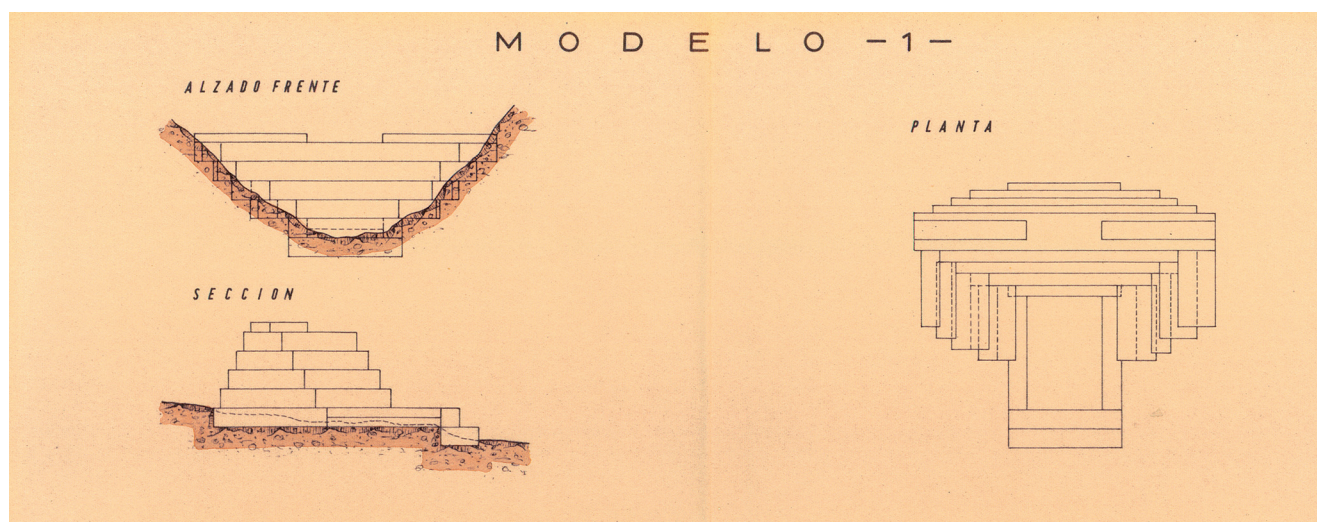


Figura 2. Plano del modelo 1 de dique (AZCARRETAZÁBAL, 1964)

en la provincia de Salamanca" (AZCARRETAZÁBAL, 1964). El ingeniero achaca el estado de degradación de la zona a diversos factores: "El pastoreo abusivo primero (sin tener en cuenta las primitivas talas que descuajaron el monte de roble del que todavía quedan vestigios dispersos por toda la zona) las roturaciones efectuadas en grandes altitudes en terrenos de fuertes pendiente, han degradado sumamente los terrenos en los que se presentan fuertes erosiones y multitud de ellas en iniciación, con escasa vegetación muy maltrecha ésta en todo caso" (foto 1).

En aras de restaurar la cubierta forestal de las laderas más problemáticas de la cuenca, la Confederación Hidrográfica pone en marcha un proyecto de restauración que, para una mejor organización de los trabajos, se divide en seis partes. Cinco pro-

yectos, uno por cada término municipal (Tórtoles de la Sierra, Cabezas de Bonilla, Pajarejos, Bonilla de la Sierra y Casas del Puerto de Villatoro), se redactan y ejecutan entre 1964 y 1971, con el objeto de repoblación con coníferas y de la construcción de diques en las cárcavas y barrancos (figura 1). El sexto proyecto, de 1970, preveía la repoblación con frondosas (chopos y alisos) en las orillas y riberas de los principales ríos y arroyos en un total de once municipios. El conjunto de proyectos comprendía la repoblación de 4.054 ha (3.875 ha de coníferas) y la construcción de 766 diques, cifras que se vieron reducidas en la ejecución debido a problemas administrativos en la cesión de terrenos.

Las especies empleadas en las repoblaciones fueron mayoritariamente *Pinus pinaster*, *P. sylvestris*, *P. halepensis*, *Populus x euramericana* y *Alnus glu-*

tinosa. La preparación del suelo consistió fundamentalmente en terrazas en contrapendiente, posteriormente aradas. También se construyeron más de 10 km de sendas, y obras de bioingeniería como empalizadas.

Los diques responden a siete modelos diferentes, que aparecen perfectamente diseñados en el proyecto; en la figura 2 se refleja el modelo más empleado. Todos los diques proyectados son de gaviones, aunque finalmente unos pocos se construyeron de mampostería en seco.

La situación actual

En la actualidad, nos encontramos con una masa forestal arbolada (800 ha aprox.), compuesta principalmente por coníferas y con una densidad media de 2.700 pies/ha, y 233 diques que han cumplido

sobradamente su función de retención de sedimentos (fotos 2, 3 y 4). La vegetación y el paisaje se han transformado después de la restauración, con la presencia de un mayor número de especies arbóreas (tabla 1).

El principal problema con que actualmente se encuentra la restauración de la cuenca del Corneja es el elevado riesgo de incendios. A pesar de ello, la incidencia del fuego hasta el momento ha sido leve. Entre 1997 y 2017 se registraron un total de 9 incendios (incluyendo conatos), que calcinaron 23,27 ha de superficie forestal, de las cuales 3,35 ha estaban arboladas (EGIF, 2017).

Por este motivo, y también para favorecer un adecuado mantenimiento y desarrollo de la masa forestal, se requiere la ejecución de tratamientos selvícolas (clareos, claras, podas), así como siembras y/o plantaciones de enriquecimiento, para fo-

Tabla 1. Vegetación antes y después de la restauración

Estrato	Especies	Antes de la restauración según el Proyecto (AZCARRETAZÁBAL, 1964)	Actualidad
Árboles y arbustos	<i>Pinus pinaster</i>		Abundante
	<i>Pinus sylvestris</i>		Abundante
	<i>Pinus halepensis</i>		Frecuente
	<i>Pinus nigra ssp. nigra</i>		Frecuente
	<i>Crataegus monogyna</i>	Muy escasa	Frecuente
	<i>Rosa canina</i>	Muy escasa	Frecuente
	<i>Cupressus arizonica</i>		Escasa
	<i>Sambucus nigra</i>	Muy escasa	Escasa
	<i>Quercus ilex ssp. ballota</i>	Muy escasa	Escasa
	<i>Populus nigra</i>	Escasa	Escasa, solo en la parte baja de las cárcavas
	<i>Populus x euramericana</i>		Escasa, solo en la parte baja de las cárcavas
	<i>Populus tremula</i>	Muy escasa	Escasa, solo en la parte baja de las cárcavas
	<i>Salix caprea</i>	Muy escasa	Escasa, solo en la parte baja de las cárcavas
	<i>Salix atrocinerea</i>		Escasa, solo en la parte baja de las cárcavas
	<i>Salix fragilis</i>		Escasa, solo en la parte baja de las cárcavas
	<i>Ulmus minor</i>		Escasa, solo en la parte baja de las cárcavas
	<i>Quercus pyrenaica</i>	Muy escasa	Muy escasa
	<i>Prunus avium</i>		Muy escasa
	<i>Juglans regia</i>		Muy escasa
Matorrales	<i>Thymus zygis</i>	Abundante	Frecuente, solo en zonas desprovistas de arbolado
	<i>Cistus albidus</i>	Abundante	
	<i>Lavandula stoechas</i>	Abundante	
	<i>Retama sphaerocarpa</i>	Abundante	
	<i>Cytisus scoparius</i>		



Foto 2. Situación actual de la restauración. Término municipal de Tórtoles (Ávila)

mentar la entrada de encinas y robles, entre otras actuaciones. No obstante, los beneficios sobre el suelo, la vegetación, el ciclo hidrológico y, en general, sobre los servicios ecosistémicos, son notables, como se detalla en el siguiente apartado.

La restauración como laboratorio

Desde 2012 venimos trabajando en la restauración hidrológico-forestal del río Corneja, con el objetivo principal de evaluar sus efectos. La incidencia de esta restauración sobre la vegetación es, como se puede observar, muy importante.

Aunque falta mucho tiempo aún para la recuperación del robledal-encinar natural dominante, mediante el establecimiento de un bosque de pinos se ha conseguido recuperar parte de los pinares originales, de los que se tiene constancia existían en el siglo XIII, y que se reflejan en algunos topónimos de la región (Navalpinareda, Pinarejo).

La cubierta arbórea regenerada, en cualquier caso, es un paso muy importante para la rehabilitación del ecosistema, lo que implica que se han solucionado casi totalmente los graves problemas de ero-

sión, se ha actuado positivamente sobre los procesos edafogenéticos, en la reintroducción natural de la encina y el roble, en la regularización del ciclo hidrológico (MONGIL *et al.*, 2015) y en la regulación del clima mediante el secuestro y fijación de carbono (MONGIL *et al.*, 2019).

Existen evidencias significativas de la regeneración del suelo, como el mayor espesor de hojarasca o pinocha y humus (3,7 cm en el bosque frente a 0,0 cm en el suelo desnudo), mayor resistencia a la penetración, mayores contenidos en K y P, y presencia de lombrices y de hongos micorrícicos forestales (MONGIL-MANSO *et al.*, 2016; MONGIL-MANSO *et al.*, 2017).

En otros parámetros como el porcentaje de materia orgánica, contenidos de Ca, Mg, Na y N, así como en la tasa de infiltración, no se han obtenido diferencias significativas frente a terrenos desarbolados, lo que indica la necesidad de un periodo de tiempo mayor para que las mejoras sean patentes. Precisamente, las tasas de infiltración finales alcanzan los 336 mm·h⁻¹ en la zona repoblada y los 507 mm·h⁻¹ en las cuñas de sedimentos (MONGIL-MANSO *et al.*, 2016).

Otra de las tareas llevadas a cabo ha sido la utilización de las cuñas de los diques para cuantificar las

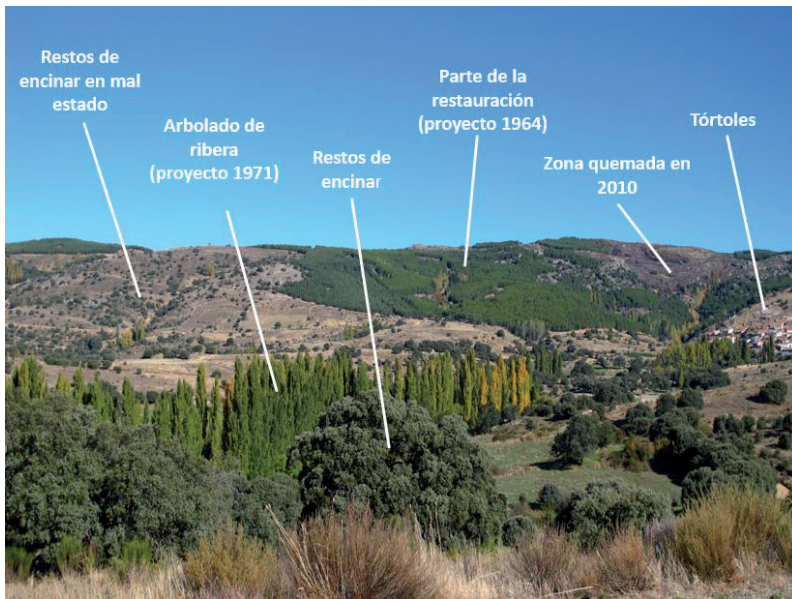


Foto 3. Vista general de las laderas orientadas al sur, con indicación de los diferentes tipos de vegetación. Término municipal de Tórtoles (Ávila)

tasas de erosión y la emisión de sedimentos (DÍAZ *et al.*, 2014a; DÍAZ *et al.*, 2014b; DÍAZ *et al.*, 2015; MUÑOZ-BARCO *et al.*, 2019). En la restauración de Tórtoles, los diques han atrapado 5.365,93 m³ de sedimento, que representan una producción total de sedimentos de 5,6 t·ha⁻¹·año⁻¹ (DÍAZ-GUTIÉRREZ *et al.*, 2018). Estos valores, obtenidos por el método topográfico de las secciones (DÍAZ *et al.*, 2014b) son sensiblemente superiores y más realistas que los obtenidos por métodos geométricos habituales, más simplistas, como el del Prisma o la Pirámide.

Por otra parte, comprobamos que, debido al efecto de los diques, las pendientes de las cárcavas y barrancos se redujeron un 11 % respecto a la original, con un máximo de reducción del 39 %. Esto aumenta la infiltración en el lecho de los cauces, reduce la energía del flujo de agua y lamina las avenidas. Por otra parte, gracias a esta reducción de la pendiente, los 123 diques del municipio de Tórtoles han regenerado una superficie de 5.239 m² de cuñas de sedimentos, que podría dedicarse a pastos o a la restauración de la vegetación riparia, por ejemplo (DÍAZ-GUTIÉRREZ *et al.*, 2018).

Así mismo, se ha comprobado que los diques rompen la conectividad de los procesos hidrológicos y de erosión, por lo que son una forma efectiva de retener no solo sedimentos, sino también carbono, nitrógeno y fósforo, evitando que se dirijan a cursos de agua, lagos y embalses. Por ello, es importante te-

ner en cuenta que los diques podrían jugar un papel importante en la regulación climática global, debido a su contribución al secuestro de carbono y nitrógeno a escala de cuenca (MONGIL *et al.*, 2019), además del secuestro de carbono producido por la masa arbórea restaurada en más de 8 km².

En definitiva, los datos aportados contribuyen a afirmar que la restauración hidrológico-forestal ha provocado efectos muy beneficiosos: la recuperación, en apenas medio siglo, de la masa arbolada destruida a lo largo de la historia de la comarca; la práctica desaparición y control de los procesos erosivos, lo que contribuye a asegurar la vida útil del embalse de Santa Teresa, así como a mantener el buen estado de la calidad de las aguas del río Corneja y el río Tormes, evitando la llegada de sedimentos desde las antiguas vertientes degradadas; la exclusión de este territorio de los lugares desertificados de la península Ibérica, además del catálogo de zonas fuertemente erosionadas, elaborado por el último Inventario Nacional de Erosión de Suelos; la constitución de varios miles de metros cuadrados de suelo, gracias a las cuñas de más de un centenar de diques forestales, junto con los nutrientes y el carbono acumulado y fijado en los sedimentos atrapados; el secuestro de carbono que ejercen los pinares actuales, la regulación hidrológica, climática, así como la recuperación del

lugares desertificados de la península Ibérica, además del catálogo de zonas fuertemente erosionadas, elaborado por el último Inventario Nacional de Erosión de Suelos; la constitución de varios miles de metros cuadrados de suelo, gracias a las cuñas de más de un centenar de diques forestales, junto con los nutrientes y el carbono acumulado y fijado en los sedimentos atrapados; el secuestro de carbono que ejercen los pinares actuales, la regulación hidrológica, climática, así como la recuperación del



Foto 4. Estado actual de las zonas repobladas en las laderas (verde oscuro) y las plantaciones lineales en los ríos y arroyos (Fuente: Google Maps)



Foto 5. Comparación entre la situación antes y después de la restauración. Paraje El Cerrón, Tórtoles (fotografía izquierda: David Azcarretazábal Mantecón, Archivo Confederación Hidrográfica del Duero, 1964)

paisaje destruido por la tala indiscriminada ejercida durante siglos; además de muchas otras variables pendientes de estudio, como por ejemplo el incremento de biodiversidad conseguido, el valor de la madera en pie, la fijación de laderas contra los deslizamientos que afectaban a caminos e infraestructuras, o la producción de hongos comestibles.

En 1964, el ingeniero de montes David Azcarretazábal tuvo el sueño de convertir el desierto en un bosque, y con su esfuerzo y el de otras muchas personas que trabajaron en las obras, ese sueño se hizo realidad (foto 5). El resultado es una restauración forestal modélica que debe ser conocida y valorada por todos. 🌲

Bibliografía

- AZCARRETAZABAL, D.; 1964. *Proyecto de repoblación forestal y restauración de laderas en la cuenca del río Corneja. Tramo I, término municipal de Tórtoles*. Confederación Hidrográfica del Duero. Valladolid.
- DÍAZ, V.; MONGIL, J.; NAVARRO, J.; 2014a. Proposal of a new methodology to assess the effectiveness of check-dams. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 40(1): 167-188.
- DÍAZ, V.; MONGIL, J.; NAVARRO, J.; 2014b. Topographical surveying for improved of sediment retention in check dams applied to a Mediterranean badland restoration site (Central Spain). *Journal of Soil and Sediments*, 14(12): 2045-2056. DOI: 10.1007/s11368-014-0958-5
- DÍAZ, V.; RAMOS, I.; MONGIL, J.; NAVARRO, J.; 2015. Levantamiento topográfico de cuñas de diques forestales para estimar la erosión y emisión de sedimentos en cárcavas restauradas. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 41: 331-342.
- DÍAZ-GUTIÉRREZ, V.; MONGIL-MANSO, J.; NAVARRO-HEVIA, J.; RAMOS-DÍEZ, I.; 2018. Check dams and sediment control: final results of a case study in the upper Corneja River (Central Spain). *Journal of Soils and Sediments*. DOI: 10.1007/s11368-018-2042-z
- EGIF, 2017. *Base de Datos Nacional de Incendios Forestales 1997-2017*. Ministerio de Transición Ecológica. Comunidad Castilla y León. Servicio Territorial de Medio Ambiente de Ávila.
- MAGRAMA; 2012. *Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012*. Comunidad Autónoma de Castilla y León. Ávila. 2011. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- MONGIL, J.; NAVARRO, J.; 2012. *Prólogo. Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012*. 2011, Ávila, Castilla y León. Madrid.
- MONGIL, J.; NAVARRO, J.; CRUZ, V.; DÍAZ, V.; 2013. *Destrucción y restauración de la cubierta forestal en la cuenca alta del río Corneja (Ávila): análisis histórico de un proceso de gestión cambiante*. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 38: 107-113.
- MONGIL, J.; NAVARRO, J.; DÍAZ, V.; 2015. An ecological framework applied to a forest restoration program on badlands in Sierra de Ávila (Central Spain). *Madera y Bosques*, 21(1): 11-19.
- MONGIL-MANSO, J.; DÍAZ-GUTIÉRREZ, V.; NAVARRO-HEVIA, J.; ESPINA, M.; SAN SEGUNDO, L.; 2019. The role of check dams in retaining organic carbon and nutrients. A study case in the Sierra de Ávila mountain range (Central Spain). *Science of the Total Environment*. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.087. Accepted.
- MONGIL-MANSO, J.; NAVARRO-HEVIA, J.; DÍAZ-GUTIÉRREZ, V.; CRUZ, V.; RAMOS-DÍEZ, I.; 2016. Badlands forest restoration in Central Spain after 50 years under a Mediterranean-continental climate. *Ecological Engineering*, 97: 313-326. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.10.020
- MONGIL-MANSO, J.; NAVARRO-HEVIA, J.; DÍAZ-GUTIÉRREZ, V.; CRUZ-ALONSO, V.; RAMOS-DÍEZ, I.; 2017. Efectos sobre el suelo y la vegetación de la restauración de las cárcavas de Tórtoles (Ávila) después de 50 años. *TRIM Tordesillas Revista de Investigación Multidisciplinar*, 12: 59-69 (Monográfico II Jornada sobre Restauración Hidrológico-Forestal UVA-UCAV).
- MUÑOZ-BARCO, M. A.; MONGIL-MANSO, J.; DÍAZ-GUTIÉRREZ, V.; NAVARRO-HEVIA, J.; 2019. Cubicación de cuñas de sedimentos mediante GPS de precisión y comparación de MDT. Estimación de la erosión en la Sierra de Ávila. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* (en prensa).
- NAVARRO-HEVIA, J.; MONGIL-MANSO, J.; RAMOS-DÍEZ, I.; GALICIA-LÓPEZ, S.; 2017. Notas hidrológicas sobre cómo los ingenieros de montes españoles afrontaban las restauraciones del s. XIX y principios del XX. *TRIM Tordesillas Revista de Investigación Multidisciplinar*, 12: 71-84 (Monográfico II Jornada sobre Restauración Hidrológico-Forestal UVA-UCAV).