Efectos y valor de la restauración hidrológico-forestal de los escarpes de páramo en la cuenca media del río Carrión (Palencia)

Navarro Hevia, J.^{1,3*}, Mongil Manso, J.^{2,3}, Ramos Diez, I.^{1,3}, Oleagordía, Í.¹, Campano, A.¹

¹ Ud. Hidráulica-Hidrología. E.T.S. Ing. Agrarias (Palencia). Univ. Valladolid.

² Grupo Hidrología y Conservación. Univ. Católica. Ávila

³ Forest, Water & Soil Research Group

*Autor para correspondencia: jnahev@iaf.uva.es

Resumen

Desde el siglo XV hasta principios del XX las *badlands* formadas por los habitantes de Saldaña y alrededores, en los escarpes del páramo palentino, que vierten sobre el río Carrión, eran fuente de graves arrastres, lodos y sedimentos, que comprometían el abastecimiento hídrico, el riego, el uso de los terrenos ribereños, de infraestructuras (carreteras, molinos, lavaderos,...) y provocaban daños en Saldaña y en las localidades aguas abajo. En 1930, el ingeniero de montes José María Ayerbe emprende, con la Confederación Hidrográfica del Duero, la corrección y restauración de más de 9 km² de estas *badlands*, convirtiendo, en menos de un siglo, un desierto secular en un bosque. Actualmente, el antiguo suelo inerte de las cárcavas se recubre, en más de un 80%, por un pinar de silvestre que controla los procesos erosivos. Un centenar de diques gavionados han retenido más de 14000 m³ de sedimento y, junto con el pinar, han disminuido la emisión de sedimentos al Carrión en casi tres órdenes de magnitud. La permeabilidad del suelo forestal recuperado es 40 veces superior que la del terreno antes desértico. El capital natural evaluado supone unos 7 millones €, en base al valor del bosque, el control de la erosión, la calidad del agua y el paisaje generado.

Palabras clave: cárcavas; *badlands*; control de erosión; emisión de sedimentos; diques; gaviones.

1. Introducción

La situación de la cuenca del río Carrión, en la provincia de Palencia, a finales del siglo XIX y principios del XX era de un gran estado de degradación y durante las tremendas riadas de 1875, 1909 y 1927, los daños en la capital y en las poblaciones ribereñas eran cuantiosos y dramáticos (de la Cruz, 2010). En esta época el río Carrión era un río divagante, con un cauce poco profundo y trezado, con poca capacidad de contención de las crecidas. Los momentos en los que recogía demasiada escorrentía ocupaba la mayor parte de la llanura de inundación afectando a pueblos, infraestructuras y cultivos (*Figura 1*). Morfológicamente, la cuenca del Carrión posee unos prominentes escarpes que conectan el páramo ácido, que se desarrolla en forma de abanico aluvial a continuación de la Montaña Palentina hacia el sur de la provincia, con las terrazas y vegas del río. Estos escarpes vierten directamente sobre el cauce carrionés y desde finales del siglo XV se hallaban notablemente erosionados, constituyendo un desierto antrópico ya desde antes del siglo XVIII (Navarro *et al.*, 2013). Debido a este paisaje desertificado, que se extendía a lo largo de unos 9 km², aunque se concentraba en su mayor parte en los entornos de las localidades de Saldaña y Lobera, los sedimentos y acarreos arrastrados durante las avenidas constituían las conocidas y temidas “turbias del Carrión”, que llegaban a afectar hasta la ciudad de Palencia.

Figura 1. Río Carrión en 1928 desde Valcavadillo (Palencia), margen izquierda.

Fuente: Confederación Hidrográfica del Duero.

La frecuencia y magnitud de los efectos de las riadas indujo, ya entrado el siglo XX, a la entonces recién creada Confederación Sindical Hidrográfica del Duero (CHD) a encargar al Ing. de Montes, D. José María Ayerbe, un ambicioso proyecto de restauración hidrológico-forestal de fijación del álveo y de restauración de márgenes. Posteriormente, en 1963, el Ing. de Montes, D. David Azcarretazábal, completó parte del proyecto de restauración de los escarpes del entorno de Saldaña, aunque con menor intensidad que el anterior. Actualmente, producto de estas acciones, un bosque maduro de pino silvestre crece sobre las cárcavas donde durante siglos existió un pertinaz desierto, gracias a la repoblación y a la estabilización de las cárcavas, argayadas y torrentes con más de un centenar de diques gavionados. Tras más de 80 años, la restauración hidrológico-forestal ha conseguido el control de la escorrentía y sedimentos, habiendo hecho desaparecer la mayor parte de los antiguos problemas que afectaban a las poblaciones ribereñas, recuperando la dinámica hidrológica más próxima al estado natural previo a la deforestación de estas tierras e incorporando en capital natural varios millones de euros. A continuación se presentan los resultados más destacados y característicos de esta transformación en base a los estudios acometidos en la zona durante los últimos siete años.

2. Material y métodos

La restauración (9 km²) se localiza entre las poblaciones de Villalba de Guardo y Velillas del Duque (Palencia), aunque la zona más relevante se encuentra en Saldaña y Lobera (*Figura 2*). Nos hallamos en una región mediterránea cálida, con una temperatura media anual de 9,3 °C y una precipitación media de 577 mm/año.

Figura 2. Localización del término municipal de Saldaña (Palencia)

Las laderas saldañesas proceden de los abanicos aluviales de edad miocénica a pliocuaternaria, que fueron excavados por el sistema fluvial actual y que se engloban en la unidad *páramos detríticos* (Ceñal *et al.*, 1988). El río Carrión esculpe en su margen izquierda unas cuevas constituidas por una matriz arcilloarenosa con cantos heterométricos procedentes del abanico aluvial (Hernández Pacheco, 1928), que conectan con las gravas rodadas y finos de las terrazas fluviales cuaternarias. Esta litología queda al descubierto por la acción antrópica a través de los siglos (*Figura 1*) formando un paisaje fuertemente acaravado. Los suelos corresponden al orden entisoles (NRCS, 2003), por su escaso desarrollo. Y la erosión hace desaparecer el regolito y aflora de nuevo la roca arcilloarenosa con cantos. Las texturas, en consecuencia, varían de francas hasta arcillosas, siendo la estructura masiva.

Las cárcavas poseen una altura de unos 90 m y una anchura entre 50 y 300 m, recorriendo de cabecera hasta el río Carrión entre 40 y 200 m. Las pendientes medias superan el 40% y la densidad de drenaje es alta (25 km/km²).

La vegetación clímax corresponde a un rebollar (*Quercus pyrenaica* Willd.). Sin embargo, la acción humana acabó prácticamente con ella desde antes del siglo XVIII (Navarro *et al.*, 2013), por el continuo y deficiente manejo del bosque. Hoy en día (*Figura 4*), transcurridas más de ocho décadas desde la restauración, un pinar de *Pinus sylvestris* L., se desarrolla sobre el antiguo y yermo paraje estepario.

Para estudiar la restauración realizada se han consultado documentos históricos, los proyectos de 1928, 1930 y 1963, dos películas de 1930, sobre las labores de restauración, de la CHD, fotografía aérea de diversos años. Se han realizado muestreos de suelos y vegetación en las laderas repobladas, en las degradadas y en las cuñas de sedimentos de los diques. Se han realizado ensayos de infiltración mediante infiltrómetros de anillo en las tres zonas. Se ha estimado el volumen de sedimentos retenidos en la zona por medio de estación topográfica total. Y se ha hecho una valoración del capital natural mediante un proceso analítico jerárquico (metodología AHP) en base a cuatro variables: valor de la madera en pie, calidad del agua del río por la protección del bosque, control de deslizamientos (por la mejora en la estabilidad de los terrenos reforestados y la presencia de los diques) y valor del terreno, por la recuperación paisajística que ha inducido la urbanización de una parte de la zona restaurada.

3. Resultados y discusión

La degradación del terreno:

Los documentos analizados (Navarro *et al.*, 2013) muestran la fuerte transformación del territorio desde hace más de 1500 años, lo que induce a pensar en una grave y patente deforestación siglos atrás. Ya aparecen referencias de argayadas desde 1472 y acuerdos para su restauración en 1533 y 1564, porque los arrastres de tierra y cascajo perjudicaban el abastecimiento de agua de la Villa (Caballero, 2010,

Tabla 1. Propiedades edáficas de los suelos en Saldaña (modificado de Navarro *et al.*, 2014)

<div><div>Zona</div><div>Propiedad</div></div>	Laderas degradadas		Laderas reforestadas (f)	Cuñas diques (d)	Observaciones	p = valor ^(b) (α = 0,05)
	Roca madre (b)	Costra (c)				
Propiedades químicas						
pH	8.76	-	8.65	8.63	Fuertemente básico	0.6302
M.O. ^(a) (%)	0.03*	-	1.11*	0.65	Muy bajo	0.0011
Propiedades físicas						
Resistencia penetración (kN.m ⁻²)	517*	359	376*	139	Moderada	0,0000
Densidad aparente (g.cm ⁻³)	1.70	-	1.63	1.46*	Alta (Solo las cuñas se diferencian del resto)	0.0001
Tasa de infiltración del suelo saturado (mm.h ⁻¹)	3.2*	-	138.9*	17.5	Degradado: moderadamente baja Bosque: Alta Cuñas diques: baja	0.0239
Grupo Hidrológico (NRCS, 2009)	D	-	B	C	-	-
Profundidad del frente húmedo (cm)	29.5*	-	75.8*	31.5		0.0228
Erosionabilidad (Mg.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)	0.040	-	0.041	0.028	Moderada	0.2004
Propiedades biológicas						
Espesor hojarasca (cm)	-	-	2.5	2.5	-	-
Presencia de micelio	-	-	Abundante	Abundante	-	-
Presencia de invertebrados	-	-	Hormigas, caracoles, escarabajos, lombrices	Hormigas, caracoles, escarabajos, lombrices	-	-
Raíces en 50 cm de profundidad	-	-	Abundante	Abundante	-	-

* Materia orgánica por volumetría redox PNT-S-05; ^bANOVA con $\alpha = 95\%$ y test LSD; * Con diferencias significativas entre sí.

p. 189, 30). A final del s. XVII, Palencia capital, a 60 km aguas abajo, soportaba una pésima calidad del agua durante los episodios lluviosos y las tormentas, como consecuencia de la erosión hídrica en las cárcavas de los páramos saldañeses. El corregidor Marcos de Losada, en el siglo XVII, se refería a estas circunstancias: *"es poca el agua que trae el río Carrión y la que viene está infeccionada (...) en invierno con las avenidas y turbias (...) y resultan graves enfermedades y daños a la salud"* (Barreda, 2003). Ya en 1893, el Doctor en Farmacia D. Aquilino Macho Tomé, en su estudio sobre las plantas medicinales de la zona, describe esta área como *"campos imponentes por su aterradora aridez"* y, a principios del s. XX, Ayerbe (1928, 1930) describe las laderas saldañesas como un paraje intensamente acaravado, resultado de los procesos erosivos desencadenados por el hombre: *"salvo algunas pequeñas partes que conservan vestigios del monte que fue y otras también escasas y de poca superficie en las cuales existen pastos (...) el resto está todo erosionado en tal forma que su suelo no sustenta vegetal alguno"*. Texto que se ve refrendado por su testimonio fotográfico (Figura 3).

Al comparar las propiedades edáficas de los suelos degradados, reforestados (bosque) y de las cuñas de los diques se observan algunas diferencias importantes (Tabla 1). Los suelos degradados muestran una idea de cómo podía funcionar el terreno antes de la restauración.

Así, destaca la tasa de infiltración saturada que es superada en más de 40 veces en el bosque respecto a los terrenos degradados, en los cuales la tasa de infiltración es del orden de apenas unos milímetros por hora. Durante los ensayos de infiltración, el frente húmedo alcanzó, bajo el bosque, una profundidad media de más de

Figura 3. Estado de las laderas de Saldaña y alrededores antes de 1930 (Ayerbe, 1930).

Figura 4. Comparación entre las laderas de Saldaña antes de 1930 y su estado actual.

(Fuente foto izquierda: Confederación Hidrográfica del Duero).

Figura 5. Comparación entre dos diques de características similares en Saldaña antes de 1930 y actual.

(Fuente foto izquierda: Confederación Hidrográfica del Duero).

75 cm, mientras que en los terrenos degradados no superó los 30 cm. Esto permite calificar el grupo hidrológico del suelo según el NRCS (2009) para el bosque en tipo B, mientras que el terreno degradado es D. Es decir hay un salto muy positivo en el bosque en las condiciones de drenaje del suelo actual. Mientras el suelo degradado tiene una alta capacidad de generación de escorrentía, esta ha pasado a ser muy baja en los terrenos reforestados. La resistencia a la penetración del suelo bajo el bosque se reduce considerablemente respecto a los terrenos degradados y mucho más en las cuñas de sedimentos, favoreciéndose la posibilidad de enraizamiento de nuevas plantas, ya que el terreno pasa a una resistencia moderada respecto a una alta. En los terrenos degradados la resistencia a la penetración corresponde a la de un terreno compacto, que dificulta el enraizamiento vegetal y, por tanto, la regeneración natural. La densidad aparente del suelo bajo el bosque baja en una décima, lo que implica acercarse a condiciones más propias de un suelo vegetal. En las cuñas de los diques, que baja más de dos décimas, este cambio es más favorable.

Otras propiedades que mejoran en la zona forestada son la M.O., el espesor de hojarasca, la presencia y actividad biológica fúngica y de invertebrados, así como la profundidad radicular. Sin embargo, no existen diferencias en el pH edáfico, lo cual nos indica que la implantación de un bosque de coníferas no ha supuesto una acidificación del suelo.

Si bien se infiere una mejora del suelo bajo el bosque, esta todavía no ha sido suficientemente significativa, a excepción de las características hidrológicas y la actividad biológica.

La restauración hidrológico-forestal:

Ante la intensa degradación del río y el terreno, el Servicio Forestal de la CHD elabora en 1928 un proyecto de fijación del álveo del río Carrión y, en 1930, el *Proyecto de restauración y repoblación de las laderas de la margen izquierda del río Carrión* (Ayerbe, 1930). En los años siguientes, se ejecutan al menos un centenar de diques gavionados, de acuerdo con el inventario elaborado en 1997 por Martínez de Azagra et al. (1997). También se levantan empalizadas y se plantan unas 3.000 plantas/ha, principalmente de *Pinus sylvestris*, junto con otras especies (*Pinus halepensis*, *P. pinaster*, *P. radiata*, *Ulmus campestris*, *Populus nigra* y *Robinia pseudoacacia*). Tras la Guerra Civil se termina la restauración, aunque se elabora un segundo proyecto en 1963 para completar alguna zona (Azcarretazábal, 1963). De esta época sólo se han encontrado seis diques (Martínez de Azagra et al., 1997) y la gran mayoría (102) fueron construidos entre 1932 y 1936 (Azcarretazábal, 1963). Gómez Redondo en 1935 relata en el periódico ABC que se repoblaron “mil hectáreas” de “pinos y abetos” y se construyeron unos 100.000 m³ de diques, espigones y malecones de gaviones entre las laderas y las defensas fluviales. La obra tuvo una significancia tal que durante el V Congreso Nacional de Riegos, celebrado en septiembre de 1934 en Valladolid, se realizó un viaje con los congresistas para visitarla.

De acuerdo con la cubicación que hemos realizado de las cuñas de sedimentos, a partir de una muestra de 25 diques, mediante una estación topográfica total, se estima en unos 144 m³ el volumen medio de sedimentos retenido por dique (Díaz et al., 2015), lo cual nos lleva a un valor total estimado de sedimento retenido en torno a unos 14.000 m³, que no ha formado parte de las famosas turbias del Carrión. De acuerdo con estos datos, la tasa de sedimentos media retenida por dique desde su construcción, estimada topográficamente, fue de 10.9 t ha año⁻¹, con una emisión de sedimentos hacia el río Carrión menor a 0,13 t ha año⁻¹ (Ramos et al., 2017), lo cual representa una gran eficacia de estas obras transversales en la retención del terreno erosionado y en su papel de filtro respecto a las aguas del río Carrión.

Tras 8 décadas, un bosque de *Pinus sylvestris* L., acompañado de otras coníferas (*P. nigra* Arn., *P. pinaster* Ait., *P. radiata* D. Don, *Cupressus arizonica* Green, *Cedrus atlantica* Man. y *Picea abies* L.), ocupa hasta un 85% del antiguo desierto, habiéndose producido una profunda transformación del paisaje (Figuras 4 y 5). Entre las frondosas se hallan: *Ulmus minor* Mill., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus nigra*

L. y *Populus x euroamericana* Gui. El rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.), aún de porte arbustivo, se regenera naturalmente. También se halla la hermosa peonía (*Paeonia broteroi* B. & Reut.), característica de ambientes nemorales. En las zonas degradadas, crecen: *Thymus* sp., *Dorycnium pentaphyllum* Scop., *Linum sufruticosum* L. y otras herbáceas. El número de especies citadas por Ayerbe (1930) en la zona apenas llega a 12 (Tabla 2). Este número se dobla según el proyecto de Azcarretazábal (1963), mientras que prácticamente se ha triplicado, de acuerdo a nuestros inventarios actuales (Navarro et al., 2014).

En 1930, 27 torrentes surcaban estos 9 km², aportando al río Carrión durante las tormentas 11,56 m³/s, con “un 20% de guijarro y tierra arcillosa” (Ayerbe, 1930), lo que supone una concentración de sólidos superior a 2x10⁵ mg/l. Según González Garrido, en 1941, cuando ya estaban construidos todos los diques y empalizadas, así como las plantaciones, las turbias del Carrión contenían ya solo 250 mg/l “de légamo arcilloso”. Tras los trabajos complementarios de Azcarretazábal (1963), el desarrollo de la cubierta forestal y la colmatación de los diques, 80 años más tarde, se observa, analizando los datos de la CHD, que en el Carrión no se alcanzan las concentraciones de sólidos en suspensión de principios ni de mediados del siglo XX (Figura 6).

En la actualidad, la CHD no tiene registrados en episodios de lluvia concentraciones de sólidos en suspensión superiores a los 50 mg/l, por lo que podemos afirmar que al menos, ha habido una reducción de tres órdenes de magnitud. Hoy en día, la producción de sedimentos está confinada a las cabeceras no recuperadas de algunas cárcavas, pero el bosque establecido y los diques contribuyen a la estabi-

Figura 6. Sólidos en suspensión en las aguas del río Carrión en episodios de lluvias en 1930, 1941 y actualidad (modificado de NAVARRO et al., 2014).

lización de las laderas y del lecho de las cárcavas, produciendo una interrupción de la conectividad en el transporte del material erosionado, el cual no llega a alcanzar prácticamente el cauce del río Carrión.

El valor actual de la restauración: Para poder estimar el valor actual de esta ejemplar restauración se evaluaron cuatro de los servicios ecosistémicos recuperados, empleando la metodología más adecuada en cada caso con objeto de evitar la doble contabilidad: madera en pie, calidad del agua conseguida, reducción del riesgo de deslizamientos y valor paisajístico de la zona. La información detallada se puede encontrar en Oleagordía *et al.* (2015). A continuación se expone un pequeño resumen (Tabla 3):

Tabla 3. Valores actuales y anualizados de los servicios ecosistémicos. (modificado de Oleagordía *et al.*, 2015).

Servicio Ecosistémico (SE)	Tasa de descuento (r)	Rentas anuales r_i (€/año)	Valor actualizado V_i (€)
1. Recursos forestales	3,00%	15.279	509.290
2. Mejora de la calidad del agua	3,00%	128.496	4.283.200
3. Disminución de riesgos	3,00%	3.880	796.000
4. Paisaje	1,75%	28.367	1.620.984
Total		196.022	7.209.484

- Los recursos forestales maderables se evaluaron mediante el método de rentas a precios de mercado, a partir de los precios de la madera en pie, apoyándonos para el cálculo de existencias en un muestreo angular y las tablas de producción de Madrigal *et al.* (1999), considerando un turno de corta de 120 años. De acuerdo con la naturaleza edáfica y climatológica de la zona se consideraron las tablas de producción para una calidad de estación muy baja. El precio final obtenido fue 509.290 €.
- Para la calidad del agua se recurrió al método de los costes evitados, estimando a partir de la serie de caudales de aforo, que la máxima crecida ordinaria en el río Carrión se correspondía a un período de retorno de 3 años, con un valor de 10 m³/s y una duración mínima de 2 días. Por otro lado, sabiendo la concentración de sólidos en suspensión en el río Carrión antes de la ejecución de la RHF (Ayerbe, 1930), se determinó el volumen de sólidos que tenían entrada en el río. En caso de no haber ejecutado la RHF, estos sólidos en suspensión se deberían eliminar mediante el sobredimensionamiento de la EDAR existente en el municipio de Saldaña. Así se calculó el valor anual de este sobre coste más el de depuración, valorándose en 128.496 €/año.
- La defensa frente a riesgos se ha valorado empleando el método de valoración contingente, considerando los efectos de deslizamientos de laderas sobre las vías públicas y los destrozos que generarían en las casas los movimientos en masa. Esto ha supuesto un valor de 23.880 €/año.

- El efecto paisajístico se analiza por la distribución de las viviendas unifamiliares de mayor valor económico, situadas en contacto con las laderas restauradas. Se han contabilizado a partir de ortofotografía y con apoyo de campo, localizándose un total de 51 viviendas con vistas directas a la restauración, lo que, recurriendo al método de precios hedónicos, supone una renta anual de 26.367 € y un total de 1.620.984 € para toda la población de Saldaña considerando dichas viviendas.

La agregación de estos valores se realizó mediante un proceso analítico jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*), basándose en la importancia que tanto distintos expertos como la población local encuestados otorgaban a los distintos valores. De este modo se obtuvo una ponderación del 11% para la madera, 13% para el paisaje, 47% para la mitigación del riesgo de deslizamiento y un 29% a la calidad del agua. De manera que el valor final supuso una cantidad total de 7,403,904 €, con un excedente medio anual de 212,876 € para la población de Saldaña. Si bien, estas metodologías siempre gozan de un cierto grado de subjetividad, hay que tener en cuenta que se ha procedido a una evaluación a la baja y que no se han incluido otros valores no competitivos con los anteriores como el recreo, la afluencia turística, la recogida de setas, la caza y la pesca, por citar algunos. En definitiva, se puede afirmar que un valor en torno a los siete millones de euros constituye una cifra de referencia de la recuperación del bosque y algunos de sus beneficios asociados.

4. Conclusiones

La restauración hidrológico-forestal ejercida en Saldaña y sus alrededores ha supuesto un caso ejemplar de lucha contra la desertificación. Los diques de retención y la repoblación han logrado frenar los procesos erosivos, así como la emisión de sedimentos hacia el río Carrión. Se ha logrado una recuperación de los procesos esenciales ecosistémicos ligados al bosque, una regeneración del suelo, de la calidad del agua, del paisaje, la disminución del riesgo de deslizamiento, etc. La población ha acogido este nuevo escenario con un incremento urbano en su entorno. Y, en definitiva, cumplido el objetivo inicial de control de erosión en las laderas, hoy se posee además un capital natural de varios millones de euros que suponen una riqueza ecosistémica y monetaria extraordinarias en comparación con el secular desierto que gobernaba la pobreza y la desoladora y la secular aridez previa al desarrollo de este proyecto.

5. Agradecimientos

A todos los que de alguna u otra manera han contribuido a la consecución de los datos y estos estudios. Y, en especial, a los ingenieros de montes, D. José María Ayerbe y D. David Azcarretazabal, por su vocación, fe y empeño en restaurar el bosque sobre un pertinaz desierto.

6. Referencias bibliográficas

- Ayerbe, J.M. 1928. Proyecto de repoblación y fijación del álveo del río Carrión. Provincia de Palencia. Conf. Sind. Hidrogr. del Duero. Serv. Forestal. Valladolid.
- Ayerbe, J.M. 1930. Proyecto de restauración y repoblación de las laderas de la margen izquierda del río Carrión. Conf. Hidrogr. del Duero. Valladolid.
- Azcarretazbal, D. 1963. Proyecto de repoblación forestal, restauración de laderas y consolidación de márgenes en el río Carrión. Conf. Hidrogr. del Duero. Valladolid.
- Barreda, P.M. 2003. La conducción de aguas a Palencia en el siglo XVIII: enfrentamiento del Concejo y el Cabildo. Publicaciones de la Inst. Tello Téllez de Meneses, 74: 5-47
- Caballero, J.M. 2010. Saldaña, la villa y su tierra solariega. Estudios históricos, I. Repr. Huerta del Rey. Valladolid. 516 p.
- Ceñal, M^a. A., Glaría, G. y Blanco, A. 1988. Análisis del Medio Físico de Palencia. Cons. de Fom. Junta de C. y L. 83 pp.
- De La Cruz, J. 2010. Hace 100 años el río inundó Palencia. Diario Palentino, 3 de enero. Palencia.
- Díaz, V. Ramos, I., Navarro, J. & Mongil, J. 2015. Levantamiento topográfico de cuñas de diques para estimar la erosión y emisión de sedimentos en cárcavas restauradas. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 41, 331–342.
- Gómez Redondo, J. 1935. Trabajos forestales en la Confederación Hidrográfica del Duero. Diario ABC, 06/09/1935. Madrid, p. 14.
- González Garrido, J. 1941. La Tierra de Campos. Región Natural. Ámbito. Diputación de Palencia. Palencia.
- Hernández Pacheco, E. 1928, Los cinco ríos principales de España y sus terrazas. Trab. Museo Nac. C. Nat.. Serie Geológica, 36: 5- 149
- Macho, A. 1893. Reseña de los productos naturales y más especialmente de las plantas medicinales espontáneas en el Partido Judicial de Saldaña. Tipografía Hijos de J. Pastor. Valladolid.
- Madrigal, A., Álvarez, J.G., Rojo, J.G. & Rodríguez, A. 1999. Tablas de producción para los montes españoles. Madrid: Fundación Conde del Valle Salazar.
- Martínez de Azagra, A., Seseña, A., Fernández de Villarán, R., Méndez, C., Fernández, M., Díez, J.M. y Navarro Hevia, J. 1997. Estudio para la elaboración de una metodología de análisis de la eficacia de obras transversales de corrección hidrológico forestal ubicadas en escarpes de páramo. CEDEX (Min. de Fomento)-U.D. Hidr. e Hidrol. E.T.S. Ing. Agrarias. Univ. Valladolid. Palencia.
- Navarro, J., Mongil, J. y Araujo, J.C. 2013. Desertificación secular de las cuestas de Saldaña (Palencia) frente a 80 años de restauración. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 38: 115-122.
- Navarro, J., Araujo, J.C. & Mongil, J. 2014. Assessment of 80 years of ancient-badlands restoration in Saldaña, Spain. *Earth Surf. Processes Landforms*, 39 (12): 1563–1575.
- NRCS. 2003. Field Book for Describing and Sampling Soils. NRCS-USDA. Lincoln. NB, en <http://www.soils.usda.gov>.
- NRCS. 2009. Hydrologic Soil Groups. Part 630, Hydrology National Engineering Handbook. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. Washington, DC. U.S.

- Oleagordia, I., Navarro, J. & Gómez-Ramos, A. 2015. Restoration of badlands and natural capital: an application in Saldaña (Palencia, northern Spain), *Journal of Land Use Science*, 11 (3): 310-330. doi:10.1080/1747423X.2014.993340.
- Ramos, I., Navarro, J., San Martín, R. & Mongil, J. 2017. Final analysis of the accuracy and precision of methods to calculate the sediment retained by check dams. *Land Degradation and Development*, doi: 10.1002/ldr.2778.