

# Estimación de la recarga potencial en acuíferos detríticos mediante regadíos de invierno en choperas (España peninsular)

*Estimation of potential recharge in detrital aquifers through winter irrigation in poplar groves (peninsular Spain)*

Juan Antonio Luque-Espinar<sup>1\*</sup>, María Ángeles Ripoll Morales<sup>2</sup>, Francisco Bruno Navarro Reyes<sup>2</sup> y Sergio Martos Rosillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IGME-CSIC Urb. Alcázar del Genil, 4-Edif. Zulema, Bajo y 1ºC. 18006 - Granada. ja.luque@igme.es, s.martos@igme.es

<sup>2</sup> IFAPA. Camino del Purchil, s/n, Ronda. 18004- Granada. maria.ripoll@juntadeandalucia.es, fbruno.navarro@juntadeandalucia.es

\*Corresponding author

## ABSTRACT

The water cycle presents an increasing anthropogenic influence that is reflected in both quality and quantity. This situation is being suffered in different areas of Spain and is affecting both human consumption and irrigation. There are ancestral practices based on nature that have been used in different areas of Spain for centuries that improve water management. The essence of them is to take advantage of winter waters to infiltrate them into the land that will be available in spring-summer for consumption. Winter irrigation in poplar groves is one of those practices that have been abandoned despite the obvious benefits they present. This work presents an approximate estimate of the potential volume that could infiltrate in winter into detrital aquifers where there are poplar trees or where the soil conditions are appropriate for this type of crops. The first estimates indicate that the infiltration potential in these lands could reach 900 hm<sup>3</sup>, in three months.

**Key-words:** Poplars, Hydrogeology, Winter irrigation, Surpluses.

## RESUMEN

El ciclo del agua presenta una influencia antrópica cada vez mayor que se refleja tanto en la calidad como en la cantidad. Esta situación se está sufriendo en diferentes zonas de España y está afectando tanto al consumo humano como al regadío. Hay prácticas ancestrales basadas en la naturaleza que se utilizan en diferentes zonas de España, desde hace siglos, que mejoran la gestión del agua. La esencia de las mismas es aprovechar aguas invernales para infiltrarlas en el terreno, de manera que estas queden disponibles en primavera-verano para su consumo. El riego invernal de choperas es una de esas prácticas que se ha ido abandonando, a pesar de los evidentes beneficios que generan. En este trabajo se presenta una estimación aproximada del volumen potencial que se podría infiltrar en invierno en acuíferos detríticos donde hay choperas o donde las condiciones del terreno son apropiadas para este tipo de cultivos. Las primeras estimaciones indican que el potencial de infiltración en estos terrenos podría alcanzar los 900 hm<sup>3</sup> en tres meses.

**Palabras clave:** Choperas, Hidrogeología, Regadíos de invierno, Excedentes.

Geogaceta, 77 (2025), 67-70

<https://doi.org/10.55407/geogaceta108690>

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 15/07/2024

Fecha de revisión: 30/10/2024

Fecha de aceptación: 29/11/2024

## Introducción

La disponibilidad de agua para uso humano es un reto creciente y, como es lógico, se debe compatibilizar la disponibilidad con el cuidado del medioambiente. Dicho reto está relacionado tanto con la cantidad como con la calidad del recurso. En este contexto, se deben explorar diferentes alternativas que cumplan ese doble objetivo. Así, hay prácticas tradicionales de manejo del agua en la agricultura que podrían ayudar en ese sentido como son los regadíos de invierno por inundación.

Los regadíos de invierno por inundación son unas prácticas ancestrales que reciben distintos nombres dependiendo del ámbito geográfico donde se utilizan, aunque cada vez se emplean menos. En la Vega de Granada (Castillo Ruiz *et al.*, 2014) se hacen para humedecer y prepa-

rar la tierra de cara a la siguiente siembra, lavar zonas donde precipitan sales, e incluso para aumentar la materia orgánica y nutrientes, cuando se regaba con las aguas residuales brutas (riegos de entarquinado). Desde la perspectiva actual (Dahlke *et al.*, 2018; Morisset *et al.*, 2024), otros beneficios que se obtendrían serían frenar la pérdida de suelos y frenar la disminución de su productividad, crear sistemas acuáticos específicos, recargar acuíferos y mejorar la calidad de las aguas subterráneas mediante la dilución de contaminantes como los nitratos, entre otros.

Las tierras donde se cultiva chopo ofrecen unas características muy favorables para practicar la recarga de acuíferos mediante regadíos de invierno, pues la planta tolera bien el exceso de agua en invierno, existen infraestructuras de regadío y los materiales sobre los que

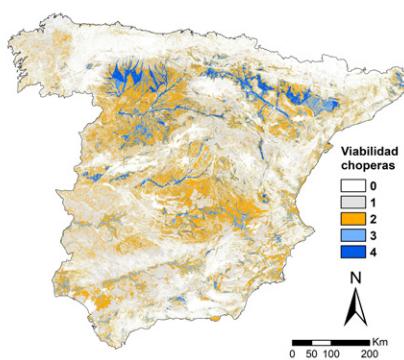
se plantan suelen ser muy permeables. Como es lógico, la intensidad de estos regadíos siempre dependerá de la disponibilidad de agua durante el periodo invernal.

En este trabajo se ofrece una primera evaluación del potencial de la recarga a los acuíferos que se podría conseguir mediante los regadíos de invierno en choperas en España peninsular.

## Material y métodos

La propuesta que se realiza en este trabajo comprende la España y la información cartográfica utilizada para llevarlo a cabo procede del MITECO (2024a, 2024b) y del Pozo Gómez (2009). Los datos numéricos empleados para realizar las estimaciones realizadas proceden de CEDEX (2020).

La Cartografía de Zonas Potencial-

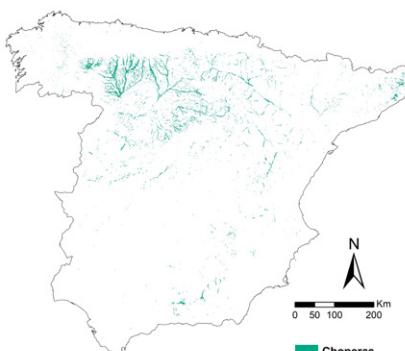


**Fig. 1.- Zona de estudio y Cartografía de Zonas Potencialmente Viables para el Cultivo del Chopo en España (MITECO, 2024a). Ver figura en color en la versión web.**

*Fig. 1.- Study area and Mapping of Potentially Viable Areas for the Cultivation of Poplar in peninsular Spain (MITECO, 2024a). See color figure in the online version.*

mente Viables para el Cultivo del Chopo en España (MITECO, 2024a) es la cartografía que muestra a escala peninsular el grado de idoneidad de una determinada zona para albergar una plantación de chopos viable (Figura 1). Para la obtención de esta cartografía se ha generado un algoritmo (MITECO, 2024a) de idoneidad basado en distintos parámetros que se consideran clave para el cultivo de esta especie: nivel freático, cercanía a cauces, posibilidad de riego, pendiente y altitud, tipo de suelo, clima, uso del suelo previo y protección medioambiental. Esta cartografía muestra 5 categorías de viabilidad del chopo, desde 0 que indica que es nula hasta 4 que representa la máxima viabilidad. Si sólo se utilizan las dos categorías más favorables, 3 y 4, suponen más de 45.000 km<sup>2</sup> (Figura 1).

No obstante, la situación real del cultivo del chopo en España está muy lejos de esa ocupación del suelo, pues según Cas-



**Fig. 2.- Superficie cultivada de chopo en 2022 (MITECO, 2024b). Ver figura en color en la versión web.**

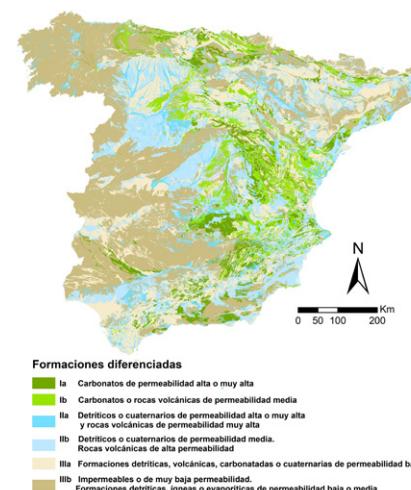
*Fig. 2.- Poplar cultivated area in 2022 (MITECO, 2024b). See color figure in the online version.*

do Álvarez *et al.* (2022) y MITECO (2024b) apenas supera los 800 km<sup>2</sup> (Figura 2), de los cuales el 65 % se cultiva en la comunidad de Castilla y León (MFECH, 2024).

Desde el punto de vista de las necesidades hídricas, Rueda *et al.* (2016) o Anónimo (2024) indican que este cultivo puede necesitar hasta 10.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> aunque el periodo habitual de regadío empieza en abril y termina en octubre. Estas dotaciones suponen un aporte de casi 3 L.día<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> o lo que es lo mismo 3 mm/día. No obstante, el regadío se concentra (Pérez García, 2016) en los meses de julio y agosto, en los que cada 15 días se aplica un riego del 20% de la dotación anual (13 mm/día). En junio y septiembre se riega en torno al 10% en cada mes.

De acuerdo con CEDEX (2020), las zonas donde se cultivan los chopos presentan tasas de infiltración del orden de 300 a 500 mm/mes o más o, lo que es lo mismo, entre 10 y 17 mm/día. Estas cantidades estimadas de infiltración son muy parecidas a las máximas tasas de riego.

La figura 3 muestra la cartografía hidrogeológica simplificada con objeto de comprobar la situación hidrogeológica de los cultivos de chopos.



**Fig. 3.- Cartografía hidrogeológica simplificada. Ver figura en color en la versión web.**

*Fig. 3.- Simplified hydrogeological mapping. See color figure in the online version.*

## Resultados y Discusión

Los cultivos de chopo se localizan mayoritariamente sobre acuíferos detríticos cuaternarios libres, de acuerdo con la cartografía de del Pozo Gómez *et al.* (2009), esencialmente sobre las terrazas de los ríos (formación IIa de la Figura 3). La cantidad

mes	Duero	Ebro	Miño	Guadalquivir	
12	14.7	14.5	14	24.4	
1	15.8	15.6	15.3	27	ETR
2	27	25.4	24.9	40.1	
12	40.4	7.4	3.8	2.9	
1	39.8	7.3	3.7	2.8	
2	33.8	6.3	3.3	2.2	
Total	114.1	21.0	10.8	7.9	Infiltración

mes	Tajo	CI Cataluña	Júcar	Segura	Guadiana	
12	19	17.8	19.6	20.1	21.3	
1	20.6	18.8	21.5	22.1	23.2	
2	33.4	29.3	32.3	29.2	36.1	
12	2.1	2.0	1.3	0.4	0.2	
1	2.0	2.0	1.2	0.4	0.2	
2	1.6	1.7	1.0	0.4	0.2	
Total	5.7	5.7	3.5	1.2	0.6	Infiltración

**Tabla 1.- Datos de ETR (datos en mm/mes) y estimación de infiltración (hm<sup>3</sup>/mes)**

*Table 1- Evapotranspiration (ET) data (mm/month) and estimated infiltration (hm<sup>3</sup>/month).*

de agua no supone un problema para su desarrollo, en este sentido, ante una situación de caudal suficiente durante el invierno, los límites para recargar los acuíferos detríticos los marca la capacidad de infiltración máxima. No obstante, en esta primera aproximación sobre el volumen potencial de agua que se puede infiltrar en las choperas se va a utilizar la dotación de 13 mm/día, durante los meses de invierno menos la evapotranspiración real (ETR) correspondiente, calculada por el CEDEX (2020). Esta dotación es la capacidad máxima de infiltración estimada (CEDEX, 2020) en este tipo de materiales. Respecto a la superficie cultivada en la actualidad (Figura 2), se estima en algo más de 800 km<sup>2</sup>. De los cuales, unos 535 km<sup>2</sup> corresponden a la cuenca del Duero, 98 km<sup>2</sup> a la cuenca del Ebro, 50 km<sup>2</sup> a la cuenca del Miño y 44 km<sup>2</sup> a la cuenca del Guadalquivir. La cuenca del Tajo y las cuencas internas de Cataluña tienen 29 km<sup>2</sup> y el resto de cuencas, Júcar, Segura y Guadiana no suman ni 30 km<sup>2</sup>. La Tabla 1 muestra la ETR (mm/mes) y la infiltración resultante (hm<sup>3</sup>/mes) en los meses de invierno y en las cuencas hidrológicas donde la extensión de choperas cultivadas es significativa.

Por tanto, para una superficie total plantada de chopos de 800 km<sup>2</sup>, se infiltrarían algo más de 900 hm<sup>3</sup> durante el periodo de considerado.

Estos valores de infiltración se deben considerar mínimos, dada la importante reducción en la superficie de choperas en los últimos años, tendencia que se supone va a cambiar debido al incremento del uso de esta madera en la construcción, mediante madera tecnificada. En este

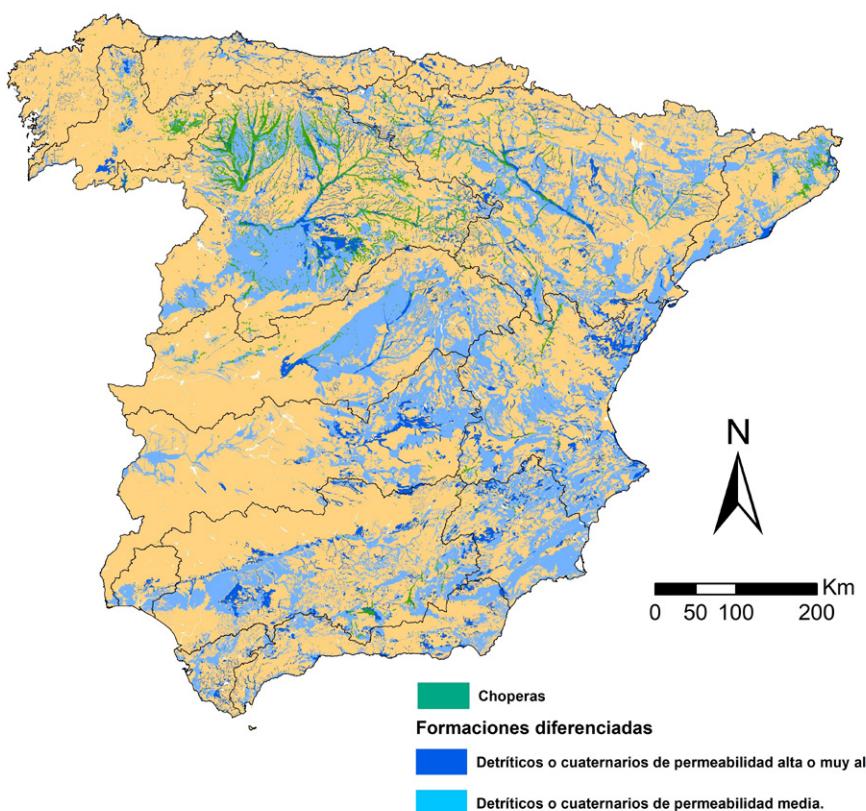


Fig. 4.- Cartografía hidrogeológica simplificada. Se destaca las formaciones potencialmente más apropiadas. Ver figura en color en la versión web.

Fig. 4.- Simplified hydrogeological mapping. Potentially most appropriate formations are highlighted. See color figure in the online version.

sentido y teniendo en cuenta que estos cultivos se desarrollan, en general, sobre materiales aluviales cuaternarios con alta permeabilidad, el volumen de agua recargada podría ser mayor. De esta manera, si se consiguieran recargar 10 mm/día, durante tres meses, en una cuarta parte de la superficie donde se puede cultivar chopo (45.000 km<sup>2</sup>/4) se estaría hablando de cifras de recarga gestionada de acuíferos del orden de 4050 hm<sup>3</sup>/año, durante los inviernos de los años lluviosos.

La Figura 4 muestra una cartografía hidrogeológica simplificada donde se resalta los materiales aluviales más recientes con permeabilidades entre medias y muy altas. La mayor parte de esos afloramientos son susceptibles de ser utilizados, en caso presentar usos agrícolas que se ajusten a los objetivos del proyecto, como zonas de recarga a través de los regadíos invernales.

Como es obvio, estos riegos invernales solo podrán realizarse de forma generalizada durante los años en los que las precipitaciones están por encima de la media y en los que los embalses de aguas superficiales tienen que desague los recursos que no pueden regular.

## Conclusiones

En este trabajo se presenta una primera estimación la recarga potencial mediante regadíos de invierno en choperas en España peninsular.

La situación de este cultivo, sobre acuíferos detríticos libres, en su mayoría terrazas fluviales, y su tolerancia a los riegos de inundación invernales, facilitarían una puesta en práctica de esta propuesta con relativa sencillez, teniendo en cuenta, además, que la infraestructura de distribución de agua y regadío está disponible.

La comunidad autónoma de Castilla y León, donde se encuentra una gran parte de la cuenca del Duero, cultiva más del 65% de las choperas de España. Las llanuras donde se cultiva están relacionadas con grandes acuíferos detríticos por lo que presentan, en principio, características idóneas para realizar estos ensayos.

La potencialidad de esta propuesta es indudable, la puesta en práctica no sólo ayudaría a recuperar niveles piezométricos sino también a mejorar la calidad de las aguas subterráneas con los excedentes invernales de las cuencas puesto

que, entre otros beneficios, reduciría las concentraciones de nitratos por dilución.

## Contribución de los autores

Luque-Espinar: Estructura del trabajo, adquisición de datos, edición, figuras, edición del manuscrito, investigación/ análisis, coordinación.

Ripoll Morales: Revisión de los datos de los cultivos y del manuscrito.

Navarro Reyes: Revisión de los datos de los cultivos y del manuscrito.

Martos-Rosillo: Estructura del trabajo, revisión del manuscrito, investigación/ análisis, supervisión.

## Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el proyecto WaSHa, que cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Convocatoria de subvenciones para la realización de proyectos que contribuyan a implementar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021-2030).

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.

## Referencias

- Anónimo (2024). *El arte de cultivar chopos*. Bosqalia <http://bosqalia.es/index.php/facility-items/riego-de-chopo/>
- Casado Álvarez, J., Chamorro García, G., Jiménez Montalvo, A. J., Checa Alonso, M. J., García Fernández, M.A. y Lerner Cuzzi, M. (2022). En: *8º Congreso Forestal Español*, Lleida 27 junio a 1 de julio de 2022. Sociedad Española de Ciencias Forestales, 1-12.
- Castillo Ruiz, J., Martínez Hidalgo, C. y Pérez Córdoba, G. (2014). En Sanchis-Ibor, C.; Palau-Salvador, G. Mangue Alférez, I.; Martínez-Sanmartín, L.P. *Irrigation, Society, Landscape. Tribute to Thomas F. Glick*, València, Universitat Politècnica de València. <http://dx.doi.org/10.4995/ISL2014.2014.190>.
- Dahlke, H.E., Brown, A.G., Orloff, S., Putnam, D. y O'Geen, T. (2018). *California Agriculture*. <https://doi.org/10.3733/ca.2018a0001>

- CEDEX (2020). *Evaluación de recursos hídricos en régimen natural en España (1940/41 – 2017/18)*. 157 p.
- del Pozo Gómez, M. (Coord) (2009): *Mapa Litoestratigráfico, de Permeabilidad e Hidrogeológico de España continuo digital a escala 1:200.000*. Convenio de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Instituto Geológico y Minero de España para la realización de trabajos técnicos en relación con la aplicación de la Directiva Marco del Agua en materia de agua subterránea. IGME. Madrid. <https://info.igme.es/cartografia-digital/geologica/mapa.aspx?parent=%27../tematica/tematicossingu->
- lares.aspx%27&Id=15&language=es
- MFECH (2024). *Portal del chopo de Castilla y León*. <https://www.pfcyl.es/tematico/portal-del-chopo-castilla-leon>
- MITECO (2024a). *Cartografía de Zonas Potencialmente Viables para el Cultivo del Chopo en España*. [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ch-operas\\_viabilidad.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ch-operas_viabilidad.html)
- MITECO (2024b). *Mapa Forestal de Plantaciones de Chopo en España (MFE\_CH2020)*. [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ch-operas\\_viabilidad.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ch-operas_viabilidad.html)
- uraleza/informacion-disponible/ch-operas\_mapa.html
- Morrisett, C.N., Van Kirk, R.W. y Null, S.E. (2024). *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/2023WR036648>
- Pérez García, I. (2016). *Evaluación de *Ulmus pumila* y *Populus spp.* como cultivos energéticos en corta rotación*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, 220 p.
- Rueda J., García Caballero J.L., Cuevas Y., García-Jiménez C. y Villar C. (2016). *Cultivo de chopos en Castilla y León*. Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León. Valladolid, 92 pp.