

Evolución histórica del empleo del recurso hídrico en España mediante el análisis de sus presas

Historical evolution of the use of water resources in Spain through the analysis of its dams

Joaquín Doménech 

Belén Ferrer 

Civil Engineering Department, University of Alicante, Alicante. España.

Civil Engineering Department, University of Alicante, Alicante. España.

Autor de contacto: belen.ferrer@ua.es

RESUMEN

En este artículo se explora la evolución histórica del recurso hídrico en España. La necesidad de este trabajo reside en la gran cantidad de textos existentes con enfoques muy específicos y detallados de gran valor, pero en muchas ocasiones sin la evaluación conjunta de los mismos entre sí ni atendiendo a un criterio globalizado. Para llevarlo a cabo del modo más objetivo posible, se elabora mediante un estudio estadístico atendiendo a las características de todas las presas españolas, comparándolas entre sí a nivel nacional en su conjunto, así como discernidas en las vertientes hidrográficas españolas. Como parte de las conclusiones más relevantes cabe destacar que las presas se han postulado siempre como un elemento sustancial y determinante de la evolución histórica, económica, política y social española.

Palabras clave: recurso hídrico; presas; historia; España; estudio estadístico.

ABSTRACT

This article examines the historical evolution of water resources in Spain. The gap created by numerous detailed and valuable studies that often lack a unified, global perspective. To ensure objectivity, the analysis is based on a statistical study of all spanish dams, comparing them both at a national level and within specific hydrographic regions. The findings underscore the pivotal role of dams in shaping Spain's historical, economic, political, and social development.

Keywords: hidric resource; dams; history; Spain; statical study.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución histórica de las presas en España es un tema de interés creciente en el ámbito de la ingeniería civil, dado que nos ayuda a prever el futuro del recurso hídrico en este país. Un hecho notorio y muy significativo de la política del agua en España es la excepcional vigencia de su componente hidráulica [1]. A lo largo de los años, las presas han desempeñado un papel crucial en el desarrollo de infraestructuras hidráulicas para diversos usos, desde el abastecimiento de agua hasta la generación de energía. La seguridad y la eficiencia de estas estructuras son aspectos fundamentales que han evolucionado con el tiempo, influenciados por factores como la altura de las presas y las características de las cuencas en las que se sitúan. La ingeniería de presas ha experimentado avances significativos en términos de diseño y gestión, con un enfoque creciente en la seguridad estructural y la evaluación de riesgos. La implementación de enfoques probabilistas ha permitido abordar de manera más efectiva la estabilidad y la gestión de presas, contribuyendo a una mejor gobernanza en este ámbito. Asimismo, la consideración de criterios de diseño actualizados ha sido fundamental para comparar la seguridad al deslizamiento de presas españolas y garantizar su estabilidad (Alonso & Romera, 2021) [2]. Además, la ubicación de las presas en diferentes cuencas ha planteado desafíos específicos en términos de diseño y construcción. La preocupación por la falla de bordos y diques en estas estructuras ha sido un tema recurrente en la ingeniería hidráulica, destacando la importancia de abordar adecuadamente estos riesgos (Rivas & Berezowsky, 2000) [3].

En este contexto, es crucial analizar la evolución histórica de las presas en España desde una perspectiva multidisciplinar y con un enfoque riguroso y objetivo. Considerar aspectos como la altura de las presas, su ubicación en distintas cuencas y las soluciones constructivas seleccionadas en cada caso, permitirá comprender mejor la importancia de estas estructuras en el desarrollo del país y evaluar con más rigor las futuras soluciones a un problema hídrico que se endurece con la incertidumbre climática que estamos viviendo, a pesar de que el agua siempre ha sido un problema en España [4] y es que el escenario de relativa abundancia en el que se ha desenvuelto la utilización de los recursos hídricos está sometido a profundos interrogantes en la actualidad [5]. En este sentido, resulta fundamental el libro *Historia de las presas. Las pirámides útiles*. [6] ya que aporta no sólo un aspecto histórico, sino también técnico. Otros trabajos en los que se analiza la historia de las presas son el *Catálogo de Presas Anteriores a 1926 asociadas a procesos industriales* [7], la tesis doctoral *Patrimonio industrial hidráulico: paisaje, arquitectura y construcción en las presas y centrales hidroeléctricas españolas del siglo XX* [8], *La industria eléctrica en España (1890-1936)*, [9], la tesis doctoral *Presas de mampostería en España* [10] o el artículo *Evolución temporal de los diseños de grandes presas en Gran Canaria* (Islas Canarias) [11]. No obstante, todos ellos aportan una visión parcial, ya que en [7] únicamente se considera el uso industrial, en [8] y [9] únicamente el uso hidroeléctrico, en [10] únicamente las presas de mampostería y en [11] el ámbito de estudio es insular. El libro *Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España* [12] trata la influencia del recurso hídrico en el sistema energético, aunque sin más profundidad sobre otros parámetros. Es por ello que resulta relevante realizar un análisis global para todo el territorio nacional en el que se incluyan todos los usos, vertientes, tipologías constructivas y alturas, teniendo en cuenta el contexto histórico y social en el que se construyeron.

En este artículo se explora la evolución histórica del recurso hídrico mediante el estudio de todas las presas españolas desde una perspectiva histórica, económica, política y social del modo más objetivo posible, brindando una visión integral de la ingeniería de presas en el contexto español.

Se analizará la información desde varios puntos de vista: un análisis histórico en el que se evaluarán los usos, las tipologías constructivas y las alturas de las presas a lo largo de los siglos y su relación con los acontecimientos históricos en la Península Ibérica. Por otra parte, se realizará un análisis geográfico en el que se analizarán las relaciones entre las tipologías constructivas y usos de las presas con la vertiente en la que se encuentran, ya que en España no hay, con carácter general, escasez de recursos sino limitación en el uso de los mismos [13]. Para ello se parte de una base de datos objetiva, las características de las presas obtenidas del *Inventario de Presas Españolas de la Sociedad Española de Presas y Embalses* (SEPREM). [14]. De dicho inventario se toman el año de construcción, la altura, la tipología constructiva y la finalidad de cada una de las aproximadamente 1200 presas armonizadas en la orografía española.

Una vez analizada esta evolución histórica, se está en disposición de evaluar y anticipar el futuro previsible del recurso hídrico y su gestión en España, cosa que se incluye en el último apartado del texto.

2. METODOLOGÍA

La metodología seguida en este trabajo ha sido la siguiente:

Se parte de una base de datos global [14] que incluye todas las presas que se han construido en España entre los siglos XVI y XXI, ambos incluidos.

Los datos anteriormente mencionados se han dividido para su estudio pormenorizado en periodos de 100 años, a fin de garantizar la obtención de resultados coherentes, en cuanto la relación estadística e histórica establecida, en su debido contexto económico, político y social.

Los aspectos analizados para cada serie temporal de 100 años son la altura, la tipología constructiva y el número de presas construidas por año. Todo ello con el fin de comparar resultados entre periodos. En primer lugar, se realiza un análisis histórico para la totalidad de los datos estudiados en el que se analiza la evolución de los usos, de las tipologías constructivas y de las alturas alcanzadas en función del siglo de construcción de cada presa.

En un análisis más específico se repetirá el estudio pormenorizado atendiendo a considerar las vertientes hidrográficas españolas y distinguiendo en cada una el uso dado a los embalses y la tipología constructiva de las presas.

Las tipologías constructivas contempladas son:

Las presas de bóveda, contrafuertes, Gravedad, Materiales sueltos, Hormigón compactado, Mampostería, Arco y Arco gravedad. Estas dos últimas se analizarán conjuntamente por ser la única geometría de curvatura simple. En cuanto a los usos se establecerán las distinciones de abastecimiento, ganadería, pesca, acuicultura, hidroeléctrico, regulación, defensa frente a avenidas, industrial, regadío, derivación, minería y recreativo.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis histórico

3.1.1. Evolución de los usos a lo largo de la historia

Se muestra a continuación un gráfico de la evolución del uso al que han quedado destinados los embalses construidos en cada siglo:

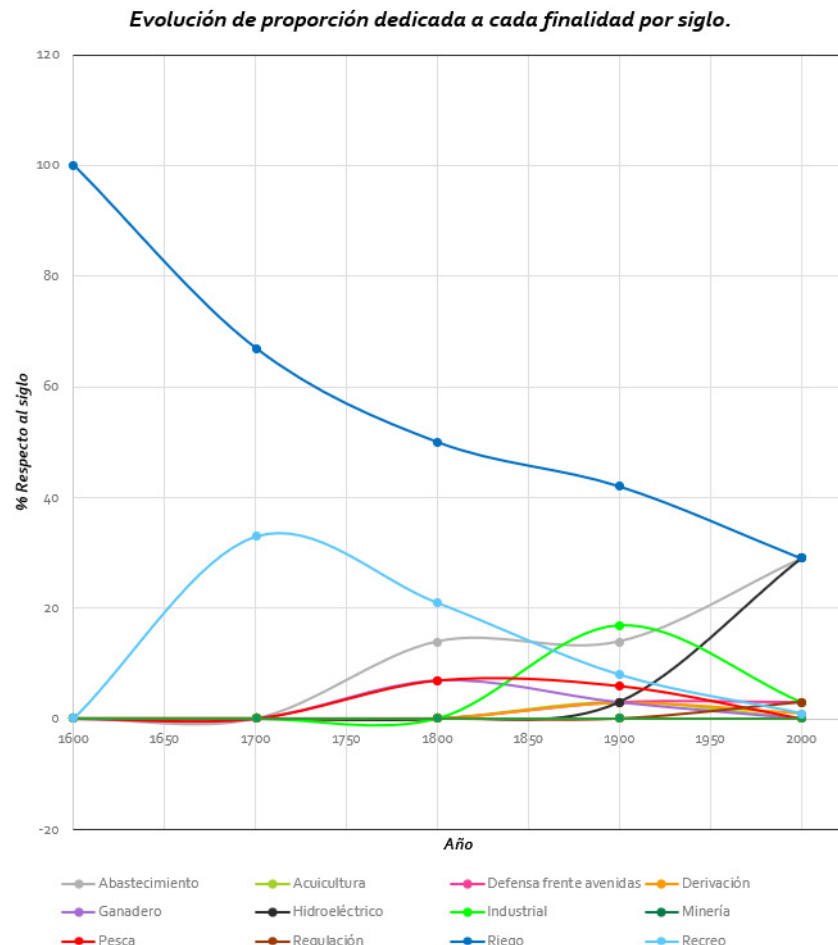


Figura 1. Evolución temporal de la finalidad de los embalses en España

Analizando los datos trabajados, reflejados en la figura 1, en el ámbito nacional el uso mayoritario en la construcción de presas es el regadío. No obstante este uso cada vez cobra menor relevancia frente al resto, pasando de ser el 100% de las presas del S.XVI al 29% en el S.XX.

La finalidad única de los 7 embalses construidos durante el S. XVI era el regadío debido a que hasta 1570 se establece un proyecto nacional hidráulico para abastecer la Vega de Aranjuez [15] y a finales de siglo proliferan las comunidades autónomas de regantes.

Durante el S.XVII sólo se construyeron 3 presas, 2 de las cuales se destinaron al regadío y por primera vez una a un fin recreativo. En este siglo, las circunstancias políticas y económicas motivadas por el reinado de los Austrias menores y la plenitud de la figura de los validos propiciaron la carencia de construcciones de gran envergadura. La expulsión de los moriscos decretada en 1609 por el rey Felipe III desencadenó la despoblación masificada de los Reinos de Aragón y Valencia haciendo perenne una situación de escasez de mano de obra agrícola. La construcción de presas, hasta el momento destinadas exclusivamente al regadío, quedó paralizada [16].

A partir de 1700, bajo el reinado de Felipe V, primer Borbón de la corona española, se reanuda la creación de este tipo de infraestructuras con el fin de establecer una red interconectada de transporte de mercancías vía marítima y fluvial de carácter nacional [17]. El proyecto comienza a materializarse a mediados de siglo y debido a ello los embalses diversifican sus finalidades ya que son empleados en segundo plano para cubrir las necesidades sociales asociadas a la disposición geográfica que ocupan. Mayoritariamente son empleados para el regadío (50%) y en menor medida para uso recreativo (21%), abastecimiento (14%), ganadero (7%) y pesca (7%).

En 1848 con la inauguración de la primera línea de ferrocarril Barcelona-Mataró en España, éste se convierte en el principal medio de transporte de mercancías y se abandona el proyecto iniciado en el S.XVIII para el transporte de mercancías vía fluvial, tanto que entre 1897 y 1930 el total de mercancías transportadas por los barcos de cabotaje sólo significaron un 12,3 % del volumen de mercancías trasladadas por el ferrocarril [18].

A partir de 1870 la industria metalúrgica y minera dedicada a la extracción de cobre, intercomunicada por el ferrocarril, se hace protagonista del territorio andaluz [19], fuente del origen de las presas dedicadas al uso industrial. Entre 1800 y 1900 el 42% de los embalses quedan destinados al regadío, el 17% al uso industrial y el 14% al abastecimiento en detrimento del uso recreativo que pasa a ser el 8%.

La construcción de pantanos se acrecienta durante el S.XX bajo el amparo de una política de subvenciones estatales dimanada de la ley Gamazo de 1883. Desde primeros del S.XX, ante la premisa de subsanar los problemas económicos del país, y en base a un movimiento regeneracionista promovido por Joaquín Costa, las obras hidráulicas nacionales quedan supeditadas a una reforma agraria e intervenidas económicamente para garantizar su viabilidad, idea que se formaliza en el Plan Nacional de 1902, dando lugar a muchas presas destinadas al regadío y al abastecimiento. Con la dictadura de Primo de Rivera en 1923, se descentraliza toda actuación hidráulica creando las Confederaciones Sindicales Hidrográficas, cuyos resultados fueron logros geográficamente muy desiguales, que dan preferencia a ríos como el Ebro, con construcciones también centradas en el regadío y el abastecimiento [20].

En la década de los 40 España se convierte en un país decisivo de la 2ª Guerra mundial por su riqueza en wolframio, metal empleado en la batalla para armaduras, blindajes, y material perforante antiblindaje, el cual se exporta en su totalidad a Alemania [21]. En estas circunstancias, durante la presidencia de Franklin D. Roosevelt, EEUU embarga los suministros de petróleo a España (1.944), período conocido como la crisis del wolframio [22]. Esta crisis evidenció la dependencia energética de la España de posguerra y se inicia entonces un período constructivo de presas en busca de la autosuficiencia energética. En 1970 la energía hidroeléctrica en España abastece entre el 70% y el 90% de la demanda social. Este % se reduce al 15% en el año 2000, mermado por el Plan General de Obras Públicas de 1940 en el que se reconoce el potencial hidroeléctrico, pero se enfocan las actuaciones al regadío [23]. La energía requerida se suple con la inauguración en los 80 de las 5 centrales nucleares españolas. Es por ello, que durante el S.XX crecen las presas con fines hidroeléctricos (29%) y se equiparan al regadío (29%) y al abastecimiento (29%) desarrollados a principios de siglo.

3.1.2. Evolución de las tipologías constructivas a lo largo de la historia.

Se muestra a continuación en la figura 2 la evolución de las tipologías constructivas a las cuales han quedado destinados los embalses construidos en cada siglo:

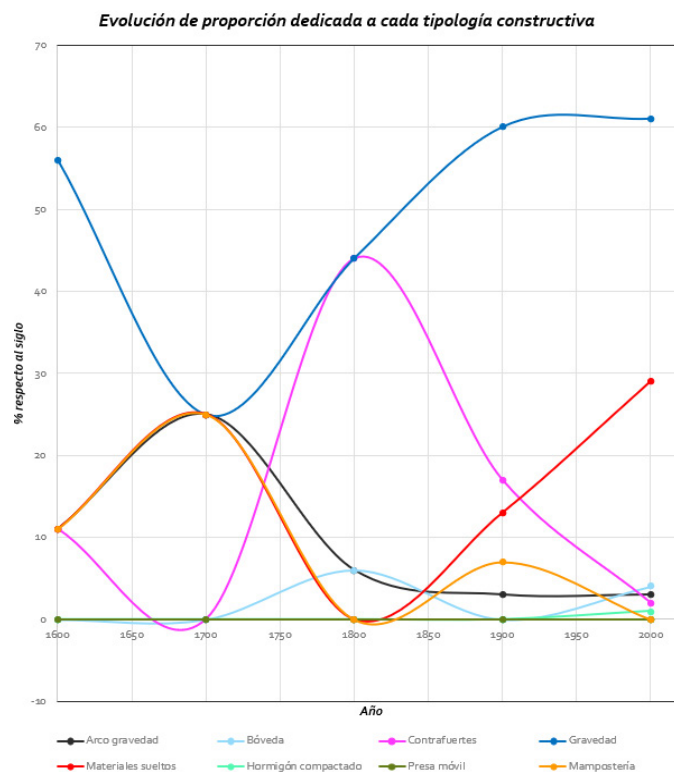


Figura 2. Evolución temporal de la tipología constructiva de los embalses en España

Durante el S.XVI y XVII ha existido una tendencia creciente a construir presas de fábrica con geometría de gravedad como uso mayoritario sobre el resto de tipologías constructivas. Las primeras presas de arco y arco gravedad, en conjunto graficadas en negro, surgen a finales de 1500.

Durante el S.XVIII a raíz de la gran envergadura que supone el proyecto destinado a crear una red de transporte fluvial de carácter nacional se denota una falta de formación específica de ingenieros

y arquitectos de la época en el campo civil, que debía progresar acorde a las necesidades que requería la profesión. En 1785, el Conde de Floridablanca (Secretario de Estado y Superintendente General de Correos) crea la Dirección General de Caminos con el propósito de incorporar un cuerpo de funcionarios para el mantenimiento y regeneración de la red de caminos. Agustín de Betancourt, ingeniero civil y militar, sucede al Conde de Guzmán en el cargo de Inspector General, dependiente del Ministerio de Fomento. En 1791 Betancourt y Juan López de Peñalver, presentan al Conde de Florida Blanca una memoria con el fin de discernir la obra civil del marcado carácter militar hasta la fecha, y poder dotarla así de la especialización requerida, lo que repercutiría en el comercio interior español [24]. En 1799 el rey Carlos IV crea la Inspección General de Caminos por Real Orden firmada en Aranjuez a 12 de junio, lo que cambió la concepción de creación de presas a partir del siglo XIX, cuando proliferan las presas de materiales sueltos del mismo modo que lo hacen las presas de gravedad. A partir de noviembre de 1802 los alumnos que egresaran de la Escuela, sita en Madrid, serían denominados Ingenieros de Caminos y Canales [25]. En este marco político, las presas de contrafuertes experimentan un auge en el S.XVIII y se mantienen vigentes en el XIX, pero desaparecen a partir del XX.

Las presas de mampostería empleadas muy habitualmente en el S.XVI evolucionan en el tiempo hasta desaparecer en el S.XX. A partir de la especialización de los ingenieros iniciada en 1800 se desarrollan cada vez más las presas de materiales sueltos hasta el S.XX. En este siglo se desarrollan también las presas de hormigón compactado. Las presas de arco gravedad son muy influyentes en los siglos XVI y XVII. Sin embargo, no vuelven a ser construidas hasta el S.XX, lo que se desarrolla desde un punto de vista técnico en el apartado 3.2.1

3.1.3. Evolución de las alturas de las presas construidas a lo largo de la historia

A lo largo de la historia española la altura de las presas ha aumentado progresivamente considerando que durante el S.XVII solamente se construyeron 3 presas. En la figura 3, se puede observar la altura de cada presa construida con su año correspondiente y, debajo, en la figura 4 se presenta una comparativa entre siglos de las funciones de distribución asociadas a las alturas de presas registradas en cada uno.

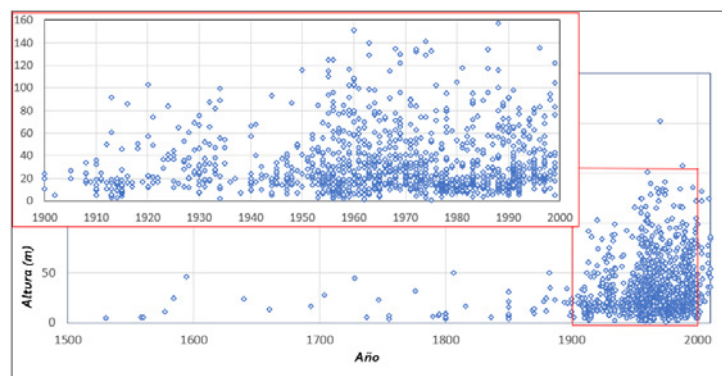


Figura 3. Evolución histórica de la altura de las presas españolas I

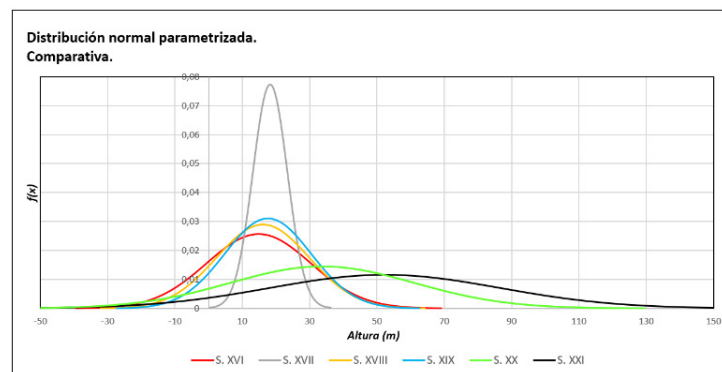


Figura 4. Evolución histórica de la altura de las presas españolas II

Es necesario valorar en esta interpretación que el número estimado de construcción de presas fue de 7, 3, 11, 28 y 1120 en los siglos XVI, XVII, XVIII, XIX y XX respectivamente. Desde el siglo XVI la altura media de las presas aumenta progresivamente (si no contemplamos la media del S.XVII por no ser representativa al disponer únicamente de 3 datos) siendo de 14,9; 18,3; 16 y 17,6 metros en los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX respectivamente. La desviación típica extraída de la función de probabilidad de cada muestra poblacional es de 15,5; 5,2; 13,8 y 12,8 también respectivamente, de lo que se interpreta que, aunque la altura aumenta progresivamente la irregularidad de alturas en construcción se mantiene en un umbral o rango constante (nuevamente a excepción del S.XVII que no se considera representativo por la escasez de datos). El panorama gráfico cambia en el S.XX (función de probabilidad en verde), cuantificado con una altura media de 33,9 m y una desviación típica de 27,3. Las presas del S.XX presentan una altura de construcción muy variable, de lo cual hay una ampliación en la zona izquierda de la figura 3.

3.2. Análisis geográfico

3.2.1. Distribución de los usos y tipologías constructivas en función de la vertiente

Se puede observar en las figuras 5 a 10 como ha progresado a lo largo de la historia la finalidad de las presas construidas y sus tipologías constructivas atendiendo a las vertientes hidrográficas españolas. En azul se presenta el % de las presas construidas en cada vertiente respecto a la totalidad del siglo; en negro, los porcentajes más representativos de cada finalidad o tipología respecto a su vertiente. Para cada siglo se presentan dos figuras: una relacionada con los usos (a la izquierda) y otra relacionada con las tipologías constructivas (a la derecha).

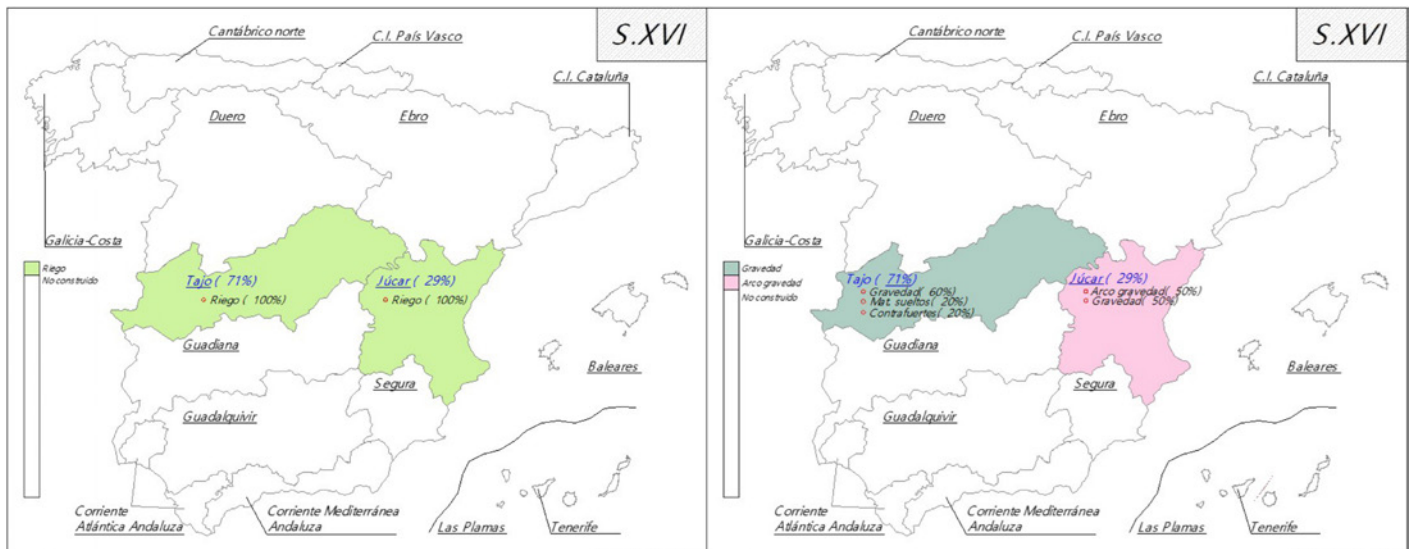


Figura 5. Evolución histórica de la finalidad (izquierda) y tipología constructiva (derecha) de los embalses españoles construidos en el siglo XVI

Como refleja la figura 5, durante el siglo XVI todos los embalses quedan destinados al regadío. En el Tago se construye hasta 1.570 a llevarse a cabo el 71% de la infraestructura debido al proyecto mencionado del rey Carlos I de abastecer la Vega de Aranjuez, en el que la mayoría de las presas son de tipo gravedad, con labio fijo y sin posibilidad de regulación de caudal. A finales de siglo proliferan las comunidades de regantes privadas en la cuenca del Júcar y suponen el 29% restante de las construcciones aprobadas ya por Felipe II. Dichas construcciones, de financiación privada, tienden a geometrías curvas para reducir espesores de paramento y coste de materiales, mucho más gravantes que la mano de obra de la época. A partir del S.XX esta tipología se reserva para uso hidroeléctrico con el fin de aprovechar su gran altura con saltos favorables en la obtención de energía.

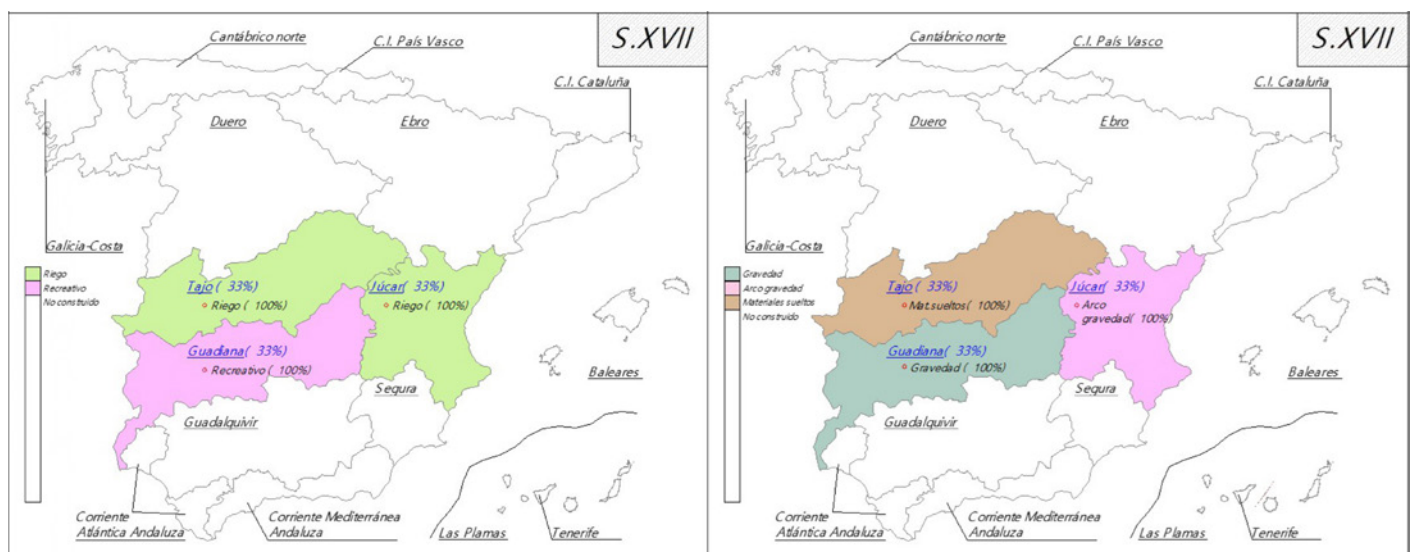


Figura 6. Evolución histórica de la finalidad (izquierda) y tipología constructiva (derecha) de los embalses españoles construidos en el siglo XVII

En el Siglo XVII (figura 6) se produce una paralización de las obras destinadas al regadío por la falta de mano de obra. Por primera vez se construye en la vertiente del Guadiana y es con fin considerado recreativo.

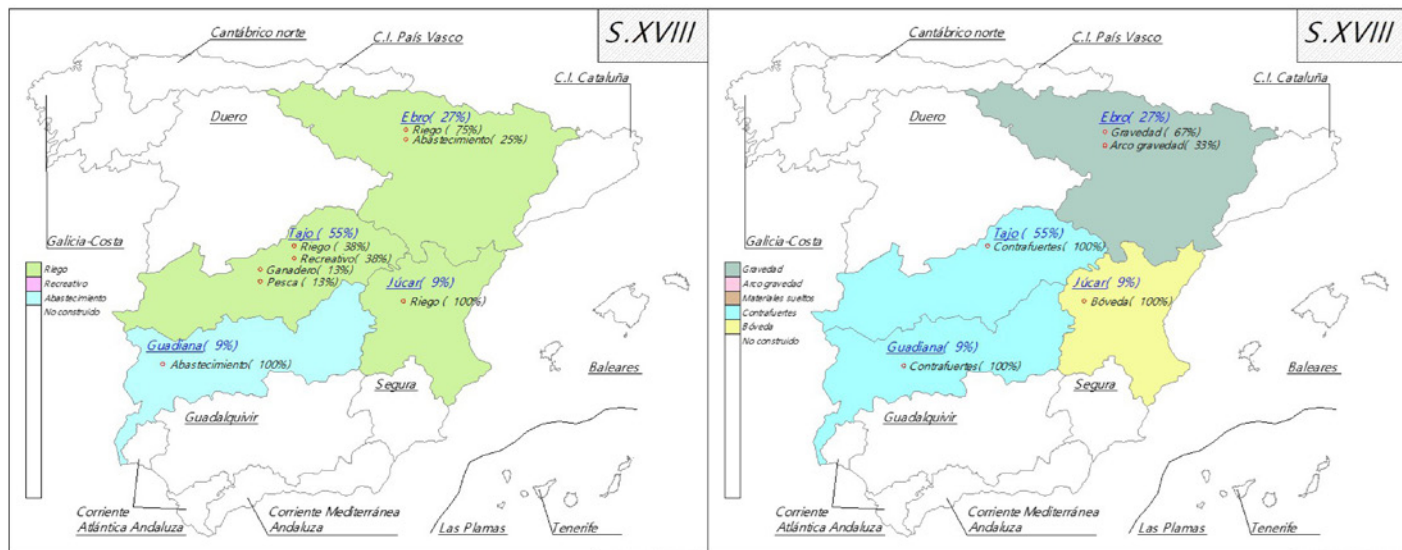


Figura 7. Evolución histórica de la finalidad (izquierda) y tipología constructiva (derecha) de los embalses españoles construidos en el siglo XVIII

Entre 1700 y 1800 (figura 7) predominan las construcciones en la zona central peninsular con marcada expansión hacia el norte. En el Tajo (55%) y en el Ebro (27%) predominan simultáneamente pequeñas presas de contrafuertes y de gravedad. El auge de las presas de contrafuertes surge de la necesidad de economizar estas infraestructuras hidráulicas, cuando el empresario Pedro Bernardo Villarreal de Bériz crea una nueva geometría a partir de las presas de gravedad, dotada de un paramento rectilíneo aguas arriba y otros con ligera cuerda aguas abajo, afianzando con contrafuertes la clave entre los paramentos aguas abajo. Establece un riguroso cálculo de la geometría y lo cuantifica en su libro *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya* (1736) [26]. Este manual es empleado por técnicos durante todo el S.XVIII y XIX, hasta que la remuneración de los trabajadores supera en coste a los materiales empleados y se abandona este tipo de construcción. Aunque el riego es la finalidad predominante, se construyen embalses con una diversificación de funcionalidades no vista previamente. La vertiente del Guadiana queda destinada al abastecimiento a base de presas de contrafuertes. Dicha diversificación de funcionalidades queda determinada por la marcada red de canales de navegación para transporte de mercancías cuya finalidad simultánea era recortar la desventaja política y militar que suponía disponer de una capital bien protegida, pero sin puerto marítimo [17]. Muchos de los embalses adquieren usos menores locales. En 1753 se inicia la construcción del Canal de Castilla, comunicando Cantabria con Segovia, compuesto de pequeños azudes, no considerados presas, organizados por múltiples esclusas. Este canal, compuesto por 3 ramales, se construyó en 3 fases entre 1753 y 1757, 1759 y 1791 y de 1792 a 1849. En 1787 se inicia la construcción del canal de Guadarrama de la mano del diseño (1785) del ingeniero militar español de origen francés Carlos Lemaire. El proyecto fue paralizado en 1799 al derrumbarse la presa de El Gasco [17] aguas arriba del canal cuya pretensión era comunicar Madrid con Sevilla discurriendo por las vertientes del Tajo, Guadiana y Guadalquivir. Entre tales circunstancias la cuenca del Júcar, (9%) se mantiene íntegra para regadío y siguen predominando las geometrías curvas.

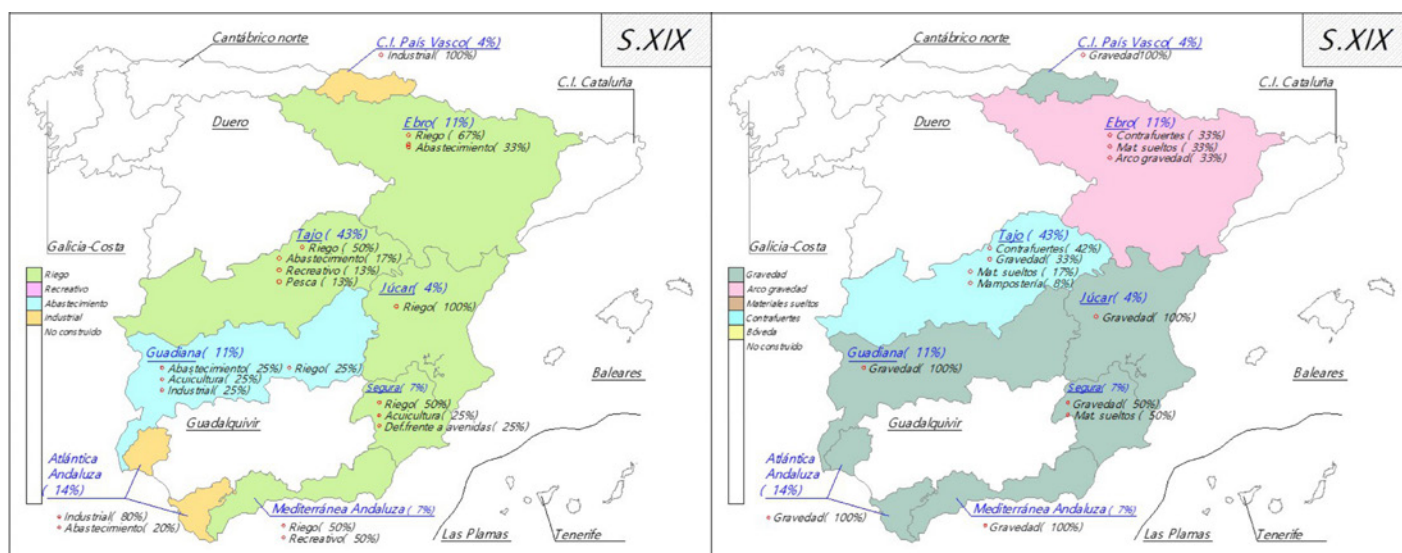


Figura 8. Evolución histórica de la finalidad (izquierda) y tipología constructiva (derecha) de los embalses españoles construidos en el siglo XIX

Como se aprecia en la Figura 8, en el siglo XIX los usos del recurso hídrico se desarrollan en un panorama con marcado carácter bélico y legislativo hasta los años 20, un período de estabilidad hasta mediados de siglo, y el desarrollo del ferrocarril a partir de los 50.

En 1807 Carlos IV de España pacta con Napoleón Bonaparte la invasión conjunta a Portugal, permitiendo mediante el tratado de Fontainebleau el acceso del monarca francés al territorio español, que tomaría en 1808 tras el conflicto interno sentenciado con el motín de Aranjuez. El reinado de José I hasta 1813 permitiría que Las Cortes de Cádiz aboliesen la condición patrimonial del agua conjuntamente con los privilegios señoriales sobre la misma [20]. Con la llegada al trono de Fernando VII en 1813 se hacía vigente una ley que garantizaba el acceso universal al agua, a pesar de que en la práctica no se penalizaban los abusos de los señores que seguían manteniendo el control sobre el recurso. Durante el llamado trienio liberal entre 1820 y 1823 se promulgaba la Ley Orgánica que encomendaba a los Ayuntamientos y Diputaciones Provinciales la política de distribución de las obras hidráulicas destinadas a la creación de regadíos y canales de navegación. Desde 1819 se fomentan este tipo de obras quedando exentas de retribución fiscal las rentas de capitales invertidos en construcciones destinadas a obras hidráulicas [20]. Con ello se produce un auge y se construyen alrededor de 30 presas en este siglo. Por primera vez se ejecutan presas en la vertiente mediterránea andaluza (7%) y en la del Segura (7%), donde el 50% de las presas son de materiales sueltos y el resto de gravedad (las más relevantes). Predominan las construcciones en el Tajo (43%), que mantienen su diseño de contrafuertes. Geográficamente se denota una expansión con marcado carácter Norte-Sur y una mayoría general de presas de gravedad en la que la vertiente del Júcar toma menos relevancia (4%). El uso destinado al regadío es el mayoritario, pero distribuido más homogéneamente en todas las vertientes citadas. En la vertiente del Ebro (11%) se utilizan por primera vez geometrías curvas. Con la llegada del ferrocarril en 1848, bajo el manto del apogeo de una industria metalúrgica en el Atlántico andaluz (14%), se desarrolla en los años 20 la fiebre minera por el plomo originaria en el territorio almeriense. Fiebre que a mediados de siglo se desplaza hacia Sierra Morena e inicia una industria metalúrgica ligada por el ferrocarril a medida que éste se expande hacia el oeste. A partir de 1870 la extracción de cobre [19] se hace protagonista del territorio andaluz, priorizando sus servicios en Huelva con embalses construidos entre 1878 y 1894, con características idénticas, alturas de 21 a 23m y presas de gravedad.

También destinada al uso industrial y en el Atlántico, se construye en 1897 por primera vez una presa en el País Vasco (4%), la Presa de Regato, de gravedad que fue la primera de la historia española construida en hormigón armado y que pasaría a ser el corazón de la industria de los Altos Hornos de Vizcaya en 1902. Esta presa fue una infraestructura referente en España desde 2 puntos de vista diferentes. Por un lado, para futuras presas de hormigón que copiarían el modelo; por otro, retroalimentó la construcción de presas con hormigón armado ya que los restos de cenizas volantes y elementos puzolánicos residuales de la industria Altos Hornos de Vizcaya fueron reciclados durante todo el S.XX para obtener hormigones de alta resistencia y lograr las alturas requeridas en el uso hidroeléctrico desarrollado en el S. XX.

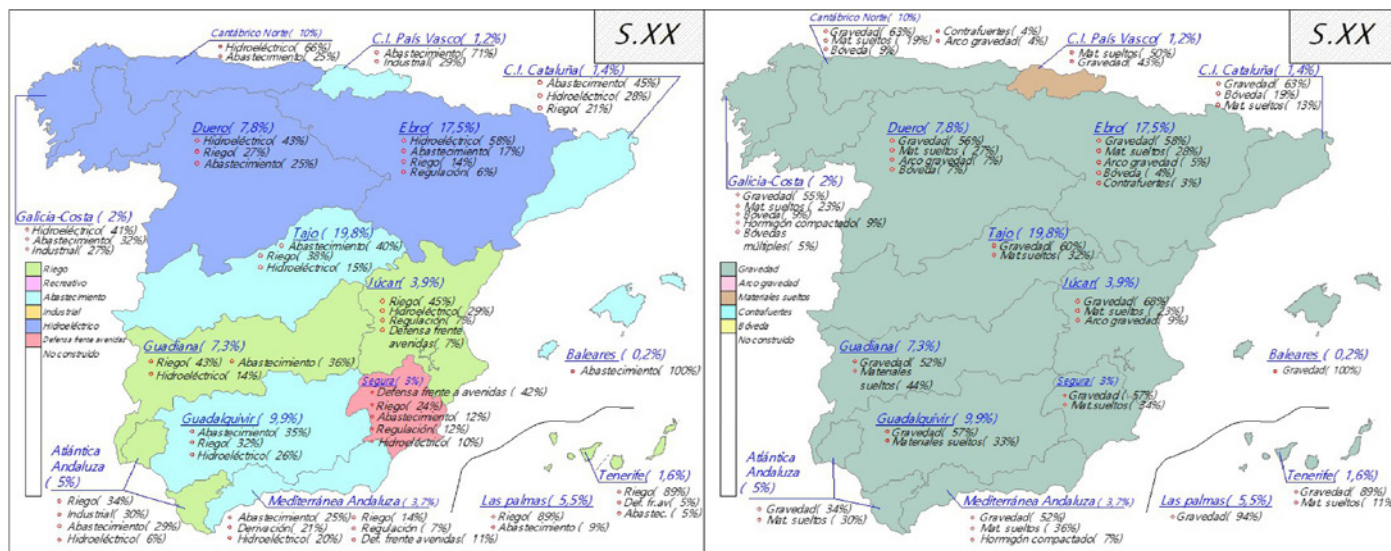


Figura 9. Evolución histórica de la finalidad (izquierda) y tipología constructiva (derecha) de los embalses españoles construidos en el siglo XX

El siglo XX presenta un gran incremento en la construcción de presas, pasando de 28 en el siglo anterior a 1120. En cuanto a los usos, se puede apreciar en la figura 9 como este siglo se caracteriza por una fuerte tendencia al regadío y abastecimiento, impulsada por el movimiento regeneracionista de Joaquín Costa hasta los 40 [27] y la necesidad de energía hidroeléctrica hasta final de siglo, que se desarrolla mayoritariamente en el norte peninsular.

El Plan General de 1902 promueve la construcción de embalses en zona interior desarrollando principalmente las vertientes del Ebro (17,5%) y del Tajo (19,8%). La vertiente del Tajo queda destinada al abastecimiento y regadío (40% y 38% respectivamente). Con la descentralización del Plan General y ligado al golpe de estado de Primo de Rivera de 1923 se crean las Confederaciones Sindicales Hidrográficas, siendo la primera la del Ebro (1926), experimentando así una preferencia de actuaciones hidráulicas frente al resto del panorama nacional español. Sin embargo, algunos ríos como el Júcar (3,9%) o el Segura (3%) quedan privados de las mismas. Hay que esperar hasta 1933

para que se prime la construcción de pantanos en el litoral levantino español, a partir del Plan de Lorenzo Pardo [28].

A raíz de la crisis del Wolframio de mediados de los 40 y la política establecida permisiva de subvenciones estatales para infraestructuras (ley Gamazo, 1883), se inicia un período constructivo en busca de la autosuficiencia energética con repercusión en el norte peninsular y mayoritaria en las cuencas del Cantábrico Norte (10%), el Duero (7,8%) y el Ebro (17,5%), donde el uso hidráulico supone un 66%, 43% y 58% respectivamente. En el resto de vertientes está presente con menor notoriedad.

El regadío predomina en Canarias (89% sobre el total del área), con predominio absoluto de las presas de gravedad desarrolladas para el cultivo del plátano, y no tan notablemente en el Júcar (45%), Guadiana (43%) y Atlántico andaluz (34%). El abastecimiento predomina en las cuencas mediterránea andaluza (25%), el Guadalquivir (35%), a la par con otros usos entre los que son habituales el hidroeléctrico y el regadío. También predomina en Cataluña (45%) y País Vasco (71%) de la mano del uso industrial. En términos generales, el abastecimiento toma mayor relevancia frente al regadío respecto a siglos anteriores. A final de siglo y derivado de 6 avenidas entre 1982 y 1989, la Confederación Hidrográfica del Segura publica en 1991 el Plan de defensas de avenidas de la Cuenca del Segura [29]. Así por primera vez predomina en una vertiente, la del Segura, la construcción de embalses para defensa frente a avenidas.

Durante el S.XX queda afianzado el dominio absoluto de las presas de gravedad en toda la península, salvo en el País Vasco (1,2%) donde las presas de materiales sueltos suponen el 50% de lo construido frente al 43% de las presas de gravedad. Las presas de materiales sueltos son notables en el Atlántico Andaluz (5%) y en el Guadiana (7,3%) donde suponen un 30% y un 44% de la construcción frente al 34% y 52% que suponen las de gravedad respectivamente. La construcción habitual en mampostería empleada hasta el S.XIX, evoluciona hacia 1920 dando paso a la sillería y hasta el hormigón ciclópeo. En la década de los 30 el hormigón ciclópeo es sustituido por hormigón en masa sin prácticamente controles de calidad. Se empleaba cemento Portland y en estructuras excepcionales "Sandcement" (importado de Estados Unidos) con alta dosificación en arena. Entre las presas de hormigón, se hacía popular a mediados de siglo un diseño curvo de radio constante de entre 200 y 300 m resistente por gravedad con aliviaderos tipo túnel en detrimento de los laterales debido a la economización constructiva que predominaba a finales de siglo [30].

Se representa a continuación la tendencia del S. XXI, en la que, a rasgos generales, se abandona la funcionalidad hidroeléctrica y aumentan las presas de materiales sueltos. Dado que sólo se dispone de 16 años de datos, no procede el análisis exhaustivo y comparativo con los siglos anteriores.

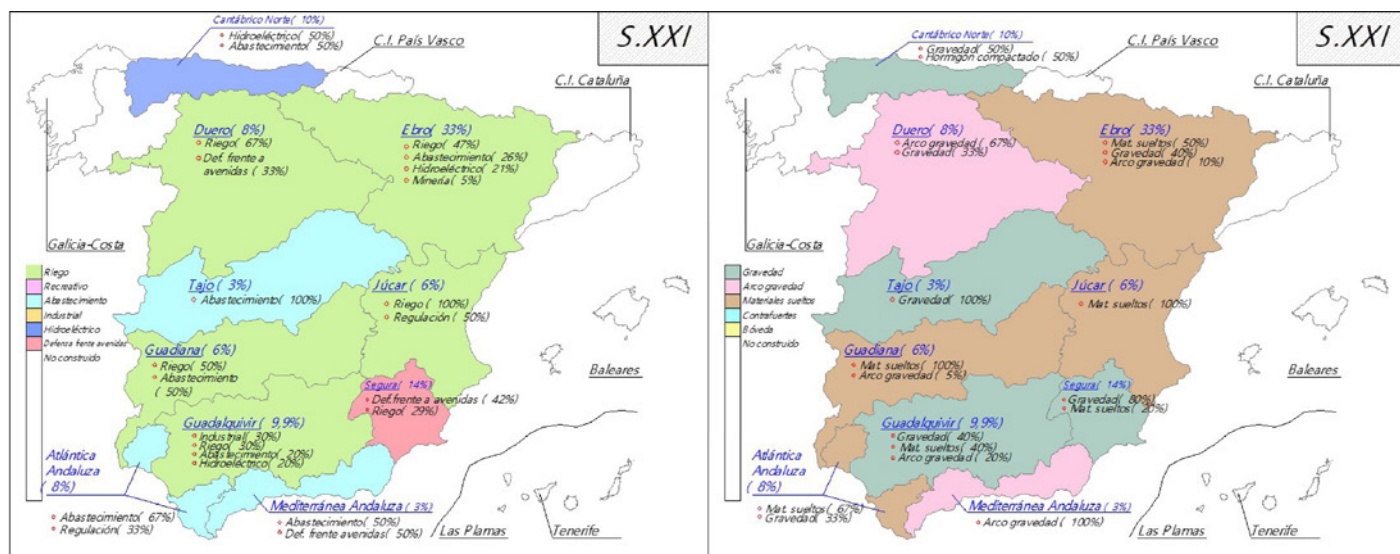


Figura 10. Evolución histórica de la finalidad (izquierda) y tipología constructiva (derecha) de los embalses españoles construidos en el siglo XXI

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este trabajo se hace un análisis exhaustivo de las presas españolas, en cuanto a sus alturas, cuencas y tipologías constructivas, relacionado con los contextos económicos, políticos, sociales y técnicos de cada siglo, desde el siglo XVI hasta la actualidad.

En cuanto a la altura, se aprecia un incremento a lo largo de los siglos con una dispersión constante hasta el siglo XX, en el que la dispersión se agranda significativamente, en parte debido a la explosión constructiva que presenta. Los primeros usos fueron exclusivamente de regadío y posteriormente se incorporaron el recreativo, ganadero, pesca, abastecimiento y a partir del siglo XIX aparecen los usos industrial, hidroeléctrico y de defensa frente a avenidas. El avance de las tecnologías existentes, así como la evolución político y social de España explican la evolución en las alturas de las presas y sus usos, pero no muestran un cambio en los sistemas constructivos, ya que las presas de gravedad, arco gravedad y materiales sueltos siguen siendo las técnicas constructivas actuales y ya se utilizaban en las primeras presas del siglo XVI.

Además, a través de este trabajo hemos visto cómo el uso de las presas ha ido cambiando con el tiempo. De todos los usos señalados en el artículo, la dedicación al regadío, aunque mayoritario, está en retroceso, siendo las presas dedicadas a abastecimiento, aprovechamiento hidroeléctrico y

regulación de caudal las que constituyen el uso preferente en el siglo XX y previsiblemente en el XXI. Llama la atención la disminución en el número de presas de derivación. Es posible que, con los últimos sucesos de inundaciones en Valencia, Albacete y Andalucía debido a la DANA de octubre de 2024, este tipo de presas, junto con las de regulación de caudal, experimente un auge.

En cuanto a la tipología constructiva, vemos que, durante los 4 siglos analizados, la tipología dominante es la de presa de gravedad, debido fundamentalmente a las características orográficas del terreno en España. Desde el siglo XIX vemos también un aumento lineal en las presas de materiales sueltos, posiblemente condicionado por el coste económico. También vemos en el último siglo un pequeño aumento de las presas de bóveda y de hormigón compactado, aunque su número sigue siendo claramente minoritario.

Finalmente, en cuanto a la distribución geográfica, hemos visto que históricamente las primeras presas se han construido en la cuenca del Tajo, lo cual resulta lógico siendo el río más largo de España y en la del Júcar, zona de gran aprovechamiento agrícola, aunque con el paso de los años se han extendido a todo el territorio, como era esperable.

5. CONCLUSIONES Y FUTURO PREVISIBLE DEL RECURSO HÍDRICO EN ESPAÑA

Las presas peninsulares, así como insulares, son un núcleo de influencia fundamental en todos los ámbitos ligados a la historia nacional. Dada la orografía del territorio español son un componente indispensable para la ordenación del recurso hídrico como elemento de abastecimiento y energético, siendo de gran relevancia su intervención en los sectores primario y secundario. Así lo ha demostrado la historia, que en toda su extensión da lugar al estudio de carácter detallado y fundamentado de las propuestas descritas a continuación, estrechamente ligadas al trabajo desarrollado:

Comparativa histórica del desarrollo de presas en las Américas bajo la influencia de la ingeniería española.

Comparativa histórica entre los usos del recurso hídrico en oriente y occidente atendiendo a las presas ejecutadas.

Fundamento de las presas fallidas en España respecto de Europa, atendiendo a su tipología constructiva, vertiente hidrográfica y contexto social.

Comparativa de la repercusión de las presas de financiación privada del S. XIX y subvencionadas del S.XX, atendiendo a sus usos.

Las conclusiones más relevantes que se desprenden de este trabajo son las siguientes:

- Las alturas de las presas han ido creciendo continuamente con el tiempo hasta alcanzar los 160 m, ya en el siglo XX. Además, se aprecia una gran dispersión de alturas en este siglo, debido a la gran cantidad de presas construidas en este período.
- Los usos han evolucionado desde el agrícola en el siglo XVII hasta los usos industrial, hidroeléctrico y de protección contra avenidas en el siglo XX, pasando por los usos recreativos, de ganadería y pesca en el intervalo entre esos siglos. Por lo tanto, estos usos han evolucionado junto con la sociedad y sus necesidades.
- Las técnicas constructivas de gravedad, arco-gravedad y materiales sueltos han sido siempre, y siguen siendo en la actualidad, los más utilizados, por lo que no se observa una evolución en este sentido. La causa de esta falta de avances tecnológicos en cuanto a la construcción de presas podría ser debido a una falta de inversión por parte de los gobiernos de España.
- Las primeras presas se construyeron en el siglo XVI en los cauces del Tajo, debido a su gran longitud y del Júcar por ser una cuenca eminentemente agrícola. A lo largo de los siglos posteriores se van construyendo también presas en las cuencas vecinas a las iniciales. Es posible que se produjera un efecto “contagio” ante las ventajas que proporcionaba una infraestructura como esta.

El futuro de las presas españolas, tras el análisis realizado en este trabajo y teniendo en cuenta el contexto sociopolítico actual, queda determinado por unas tramitaciones burocráticas y una sensibilidad ambiental que han complicado mucho la construcción de nuevas presas en España desde el inicio de la democracia. Con la legislación actual en materia de infraestructura hidráulica, gran parte de las presas del S.XX no se habrían construido, y por tanto se prevé que las grandes presas se construirán fuera de España. Por ello parece que el futuro inmediato del próximo siglo está asociado a obras menores tales como planes de explotación o emergencia, canalizaciones, estudios de seguridad, y transformación, rehabilitación y mantenimiento de presas. Parece muy probable que dichas actuaciones se lleven a cabo priorizando el levante peninsular, como ya se aprecia la tendencia en la figura 10, e incluirá a las vertientes Catalana, del Júcar, Ebro, Segura y Mediterráneo Andaluz, en suplemento del derogado Plan Hidrológico Nacional de 2001, el cual pretendía establecer una conexión hidráulica entre Barcelona, Tarragona, Castellón, Valencia, Alicante, Cartagena y Almería. Así pues, la tendencia futura parece destinada a dar un uso polivalente a los embalses ya construidos, mediante una conexión del levante peninsular enfocada al abastecimiento con la infraestructura ya existente. Como se puede apreciar en las figuras 9 y 10, la tendencia futura es ejecutar presas de materiales sueltos, ideales para infraestructura menor, debido a su bajo coste, su versatilidad geográfica y su diligencia constructiva. En cuanto a las presas de hormigón con geometrías curvas, parece que, aunque útiles, se emplearán en menor medida, ya que en el pasado nacen de las inversiones privadas de las comunidades de regantes (hasta finales del S.XIX) y su utilidad principal, debido a la financiación pública del S.XX, es la generación de energía hidráulica. Dicha utilidad no parece relevante en el S.XXI, como atestigüa la derogación del Plan Nacional Hidráulico de 2001. En la actualidad se establece la prioridad de abastecer el levante peninsular mediante plantas desaladoras y el recurso energético requerido para ello se obtendrá mediante generadores eólicos. En febrero de

2023, Francia propuso una alianza pronuclear en la UE que firmaron 11 países, entre los que no se encuentra España, que junto con Alemania, Bélgica y Portugal defienden la energía solar y eólica. Así pues, las presas destinadas a la generación de energía mediante centrales hidroeléctricas y nucleares en España, no se desarrollarán en un futuro próximo.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los/as autores/as de este artículo declaran no tener conflictos de intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Joaquín Doménech Valera: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Recursos, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

Belén Ferrer Crespo: Conceptualización, Metodología, Administración de proyecto, Supervisión, Visualización, Redacción - revisión y edición.

REFERENCIAS

- [1] Gil Olcina, A. (2002). *Perduración de los planes hidráulicos en España*. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante
- [2] Alonso, J. and Romera, L. (2021). Comparación de la seguridad al deslizamiento de seis presas españolas. criterios de diseño empleados frente al estado del arte actual. *Informes De La Construcción*, 73(562), e392. <https://doi.org/10.3989/ic.76918>
- [3] Rivas, R. and Berezowsky, M. (2000). Brechas en bordos de arcilla formadas por desbordamiento. *Ingeniería Del Agua*, 7(3), 255. <https://doi.org/10.4995/ia.2000.2848>
- [4] Bosque Maurel, J. (2008). El agua como recurso escaso y sus problemas en la España actual. *Water, a scarce resource and its currents problems in Spain*. Estudios Geográficos.
- [5] Cuadrat Prats, J. (2006). *El agua en el siglo XXI: gestión y planificación*. Zaragoza: Institución «Fernando el Católico» (C.S.I.C.). Excma. Diputación de Zaragoza.
- [6] Schnitter, N. (2001). *Historia de las presas. Las pirámides útiles*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- [7] Pérez Marreno, J. (2017). Catálogo de presas españolas anteriores a 1926 asociadas a procesos industriales. IPCE.
- [8] Molina Sánchez, J. (2015). Patrimonio Industrial Hidráulico: paisaje, arquitectura y construcción en las presas y centrales hidroeléctricas españolas del siglo XX. Tesis doctoral. Universidad politécnica de Madrid.
- [9] Bartolomé Rodríguez, I. (2007). *La industria eléctrica en España (1890-1936)*. Estudios de Historia Económica. Banco de España.
- [10] Saldaña Arce, D. (2011). *Presas de mampostería en España*. Tesis doctoral. Universidad de Santander.
- [11] González, Jaime.J, Cruz-Pérez, Noelia, Santamarta, Juan C. (2021). *Evolución temporal de los diseños de grandes presas en Gran Canaria (Islas Canarias)*. Informes de la construcción.
- [12] Hardy, L. and Garrido, A. (2010). *Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España*. Papeles de Agua Virtual. Observatorio del Agua. Fundación Marcelino Botín
- [13] Sotelo Navalpotro, J. A. et al. (2012). Huella hídrica de España y su diversidad territorial. *Water footprint in Spain and its regional diversity*. Estudios Geográficos.
- [14] SEPREM. Sociedad Española de Presas y Embalses. <http://www.seprem.es>
- [15] Sáenz Ridruejo, F. et al. (2004). *Ingeniería y obra pública civil*. Ministerio de Medio Ambiente.
- [16] Rodríguez González-Aller, G. et al. (2011). *La expulsión de los moriscos y la actividad de los corsarios norteafricanos*. Instituto de historia y cultura naval.
- [17] Rodríguez de la Cruz, J.A. (2020). La locura hidráulica del siglo XVIII español. iAgua.
- [18] Frax Rosales, E. (1981). *Puertos y comercio de cabotaje en España, 1857-1934*. Banco de España.
- [19] Pérez de Perceval, M.A. (1989). La minería almeriense Contemporánea (1800-1930). Zéjel.
- [20] Fayanás Escuer, E. (2022). *La política hidráulica en el primer tercio del siglo XX*. Diario digital Nueva Tribuna.
- [21] Preston, P. (1998). *Franco "Caudillo de España"*. (1998). Grijalbo.
- [22] Bowen, W. (2006). *Spain During World War II*. University of Missouri Press.
- [23] De Lucas Sepúlveda, A. (2019). El problema hidroeléctrico en España entre 1940-1960. El Meandro.
- [24] López, J. and de Betancourt, A. (1791). *Memoria sobre los medios de facilitar el Comercio Interior*.
- [25] Suárez Cortina, M. (2000). Radicalismo y reformismo en la democracia española de la restauración. Universidad de Cantabria.
- [26] Villarreal de Bériz, P.B. *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya*. (1736)
- [27] Chacón Delgado, P (2013). *Historia y nación. Costa y el regeneracionismo en el fin del siglo*. Universidad de Cantabria.
- [28] Ramos Gorostiza, J. et al. (2008). *Las ideas económicas de los ingenieros de caminos: la Revista de Obras Públicas (1853-1936)*. Universidad Complutense de Madrid.
- [29] Confederación Hidrográfica del Segura [CHS]. (1991). *Plan de defensas de avenidas de la cuenca del Segura*. <https://www.chsegura.es/es/confederacion/prensa-publicaciones-y-difusion/medioteca/Plan-de-defensas-de-avenidas-de-la-cuenca-del-Segura.-Exposicion-1991/>
- [30] Giménez Rothermund, F. (2017). *Evolución de las presas de hormigón hasta 1950*. Universidad Alfonso X El Sabio