

04-005

LINEAR RATING FUNCTIONS FOR THE EVALUATION OF WATER RESOURCES IN WETLANDS. THE PEÑARROYA RESERVOIR

*Benítez Navío, Alberto ⁽¹⁾; Curiel Esparza, Jorge ⁽²⁾; Martínez León, Jesús ⁽³⁾; Cantó
Perelló, Julián ⁽²⁾; Martín Utrillas, Manuel ⁽²⁾*

⁽¹⁾ Confederación Hidrográfica del Guadiana, ⁽²⁾ Universitat Politècnica de València, ⁽³⁾
Confederación Hidrográfica del Júcar

Wetlands need water resources to meet their environmental water requirements. Water resources are scarce and their demand is increasing, so it is necessary in many cases to supply water to the wetland from external water sources. Previously, water suitability for wetland restoration and conservation should be evaluated. To address this problem, a novel methodology based on linear rating functions has been designed. This methodology has been applied to the Peñarroya reservoir.

Keywords: water resources evaluation; wetland restoration; linear rating functions

FUNCIONES LINEALES PARA LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN HUMEDALES. APLICACIÓN AL EMBALSE DE PEÑARROYA

La conservación de humedales requiere disponer de los recursos hídricos mínimos imprescindibles para satisfacer los requerimientos medioambientales del ecosistema. En una situación de escasez, en la que las demandas de agua son crecientes, es necesario en muchos casos aportar recursos hídricos externos. Previamente a su utilización ha de evaluarse la idoneidad del agua para determinar si es apta para la restauración y conservación del humedal. Para abordar este problema se ha diseñado una metodología novedosa, que se aplica al embalse de Peñarroya.

Palabras clave: evaluación de recursos hídricos; restauración de humedales; funciones lineales

Correspondencia: Alberto Benítez Navío abenitez@chguadiana.es



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La conservación de los humedales en muchas ocasiones requiere la reasignación de recursos hídricos, de modo que puedan satisfacerse los mínimos requerimientos medioambientales (Cui et al., 2009). Una forma de evaluar la idoneidad de los recursos hídricos para la restauración hidrológica del humedal es mediante la confección de un índice de sostenibilidad de los recursos, donde se comparan las características del agua aportada con la calidad deseada para el humedal, que se obtendrá considerando las condiciones de referencia de la masa de agua a restaurar. Las funciones de evaluación se construyen para cada uno de los parámetros de calidad del agua que se vayan a evaluar. Una vez que los parámetros de calidad que componen el índice han sido elegidos, es necesario normalizarlos, para que permitan la comparación entre ellos, se hace a través de las funciones de evaluación. Estas funciones pueden tener formas muy diversas, incluso no responder a una expresión matemática analítica determinada. En otras ocasiones no se utilizan funciones de evaluación, así sucede con los índices elaborados utilizando lógica difusa o mediante cálculos estadísticos. Hay índices de calidad que permiten la utilización de parámetros no prefijados de antemano, pudiéndose incluso emplear el número de parámetros que se estime conveniente en cada aplicación, como el índice canadiense (BCWQI, 1996 y CMEE, 2001). En los métodos convencionales, como el índice americano NSFQI (Brown et al., 1970), los parámetros son fijos y están preestablecidos de antemano, en general se utilizan funciones de evaluación que no son lineales. El índice NSFQI consta de funciones de evaluación, de los que la mayoría son parámetros físico-químicos, se desarrolló para estimar la calidad de varias masas de agua muy contaminadas. Los parámetros que se eligieron fueron la Temperatura, el pH, la Turbidez, los Coliformes Fecales, el Oxígeno Disuelto, la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Fosfatos y los Sólidos Totales. Para cada uno de estos parámetros se confeccionó una función de evaluación, siendo el valor del índice de calidad el resultado de la media ponderada de los valores obtenidos.

Otra forma de utilizar las funciones lineales para la evaluación de los parámetros es indirectamente. Este método es el aplicado en los índices de calidad de aguas que utilizan el método aritmético ponderado (Chauhan et al. 2010).

El índice de Horton (1965), que fue pionero en el diseño de un método para confeccionar índices de calidad de aguas. Singh et al. (2015), desarrollan un índice de calidad para las aguas superficiales con funciones lineales de evaluación específico en la India. Tyagi et al., 2013, definen las funciones de evaluación de modo indirecto, puesto que las sustituyen por ecuaciones lineales en las que se utilizan los valores límites de los parámetros.

En este trabajo se desarrolla un método que permite elaborar funciones de evaluación lineales, en las que no solo están incluidos los valores límites, sino que además se consideran los valores de referencia, teniendo así en cuenta el intervalo óptimo de variación de los parámetros de calidad. De este modo, las funciones no solo son triangulares, sino que también aparecen funciones trapezoidales. Este nuevo método permite establecer funciones de evaluación de forma rápida y sencilla, reduciendo la subjetividad, al establecer objetivos de calidad del agua que se pueden ajustar a las condiciones de referencia de la masa de agua que necesite la aportación de recursos hídricos externos. Ello hace posible discriminar y seleccionar de entre varios recursos hídricos aquella opción que tiene la calidad y las características más adecuadas, para ser aportados a la masa de agua cuya situación de escasez se pretende remediar. La aplicación más inmediata de esta metodología es el caso de los humedales en situación de estrés hídrico, circunstancia frecuente en el área mediterránea, debido a su escasa e irregular pluviometría.

2. Objetivos

El objetivo general es desarrollar una metodología novedosa, que permita construir funciones de evaluación de los recursos hídricos, a través de los parámetros de calidad del agua.

El siguiente objetivo es que las funciones a construir, basadas en los parámetros de calidad, incluyan la información relativa a los valores de referencia del humedal, para que la aportación de recursos hídricos externos sea sostenible.

Otro objetivo es que las funciones de evaluación garanticen que se preserve el buen estado de la vida acuática. Las funciones han de tener un carácter objetivo, incorporando los valores límites, además de los estados de referencia, que determinan la situación óptima del humedal.

Finalmente, el último objetivo es aplicar la metodología desarrollada a un caso concreto, el embalse de Peñarroya.

3. Metodología

Para realizar la restauración de humedales se desarrolla una metodología que permite construir funciones de evaluación para los recursos hídricos a través de los parámetros de calidad del agua. Las funciones construidas con los parámetros incluyen la información relativa a los valores de referencia del humedal, para que la incorporación de recursos externos sea sostenible. Por tanto, hay que considerar los límites máximos y mínimos de los parámetros cuyos valores en caso de ser excedidos provocarían una afección a la calidad del agua. La mejor opción para aportar recursos hídricos externos será la que sea más próxima al estado de referencia del humedal. Constituye un criterio de exclusión que no se perturbe el buen estado del ecosistema, y por tanto que no se superan los estándares para la vida acuática, los cuales constituirán los límites a los parámetros calidad y a su vez serán un criterio de aceptabilidad y sostenibilidad. Para fijar los valores límites se utiliza el criterio de la vida acuática, de modo que las funciones de evaluación estén orientadas a su protección. Los valores límites máximos serán los que la dañen y los óptimos podrán obtenerse del estudio de las condiciones de referencias específicas de la masa de agua o recurso hídrico concreto que se esté estudiando. La calidad del humedal en su estado inalterado ocurre en los momentos en que la acción humana no haya afectado aún a dicha masa de agua por lo que para conocer el estado inalterado hay que recurrirse a valores históricos y realizar una revisión.

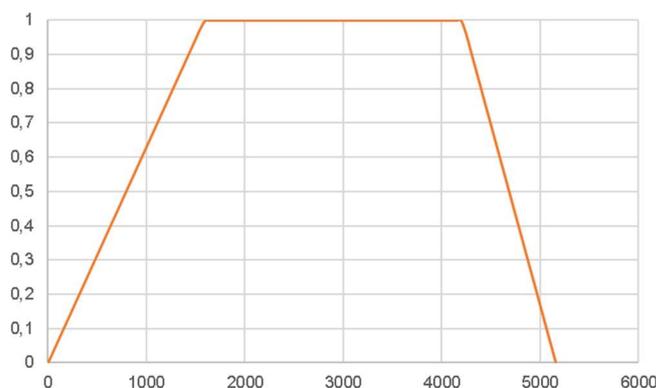
De este modo pueden obtenerse funciones de evaluación de carácter objetivo que permitan una rápida y sencilla evaluación de diferentes recursos hídricos, evaluando su idoneidad para la regeneración hídrica de otras masas de agua, y en concreto de los humedales. La metodología se desarrollada en el uso del embalse de Peñarroya como recurso externo para la restauración sostenible del humedal de las Tablas de Daimiel en la provincia de Ciudad Real.

Las funciones de evaluación permiten valorar la calidad de una masa de agua, bien para estimar su desviación o pérdida de calidad respecto a su estado ideal o bien para estimar la calidad del agua de un recurso hídrico externo que puede ser suministrada para su regeneración hídrica. Cuando se restaure hídricamente un humedal se podrá dictaminar si la calidad del recurso externo está dentro de los límites aceptables para que la actuación sea sostenible, en el sentido de que no se deteriore la calidad de la masa de agua a restaurar o conservar. Las funciones de evaluación a construir utilizan funciones lineales que son trapezoidales o triangulares. En la meseta o en el vértice de la función, la valoración será la máxima, que corresponde a la mejor calidad del agua. El vértice o la meseta coincide con el valor del parámetro de calidad que tendría una muestra tomada en la masa de agua de

aportación externa, si ésta se encontrase en la situación de referencia. De ésta manera si el agua aportada tiene características coincidentes con las que corresponderían al estado de referencia de la masa de agua a restaurar, la puntuación obtenida sería la máxima. El estado de referencia, que es el de mejor calidad, corresponde al estado natural inalterado. En los extremos del trapecio o del triángulo se situarían los valores límites que suponen un deterioro de la calidad de la masa de agua. Para obtener estos valores límites se puede recurrir a estudios locales, en los que se hayan determinado los valores de cambio y las situaciones de referencia, tal como sucede con la norma de calidad de aguas en España, o bien recurrir a valores límites establecidos en normativa de carácter internacional o de otros países que pudiese ser de aplicación. Los valores límites, que también pueden constituir un criterio de no aceptación, y que se sitúan como se ha comentado anteriormente en los extremos del trapecio o triángulo de las funciones de evaluación, han de establecerse de acuerdo con algún criterio o uso determinado. En el supuesto de restauración de humedales, el criterio utilizado es la conservación de la vida acuática, ya que lo que se pretende es aportar recursos hídricos al humedal para conservar sus características, aproximándose lo más posible a su situación ideal y de forma que se garantice la conservación del ecosistema y por tanto la vida acuática. Con estas premisas la aportación o reasignación de recursos hídricos es sostenible, y tendente a la recuperación de las mejores condiciones de la masa de agua cuya recuperación y conservación se pretende.

En la Figura 1 se indica una función lineal de evaluación de meseta, situando de forma genérica los valores límites y de referencia utilizados para su construcción. La meseta superior corresponde con los valores máximos de las funciones de evaluación, en las que el valor del parámetro está dentro de los valores de referencia. Los valores extremos que cortan al eje de abscisas son los valores límites para los que la función de evaluación vale cero.

Figura 1.- Función de evaluación de un parámetro de calidad del agua



Los valores límites se han obtenido consultando normativas internacionales, nacional, guías y estudios de carácter local que se indican a continuación.

Los criterios para la vida acuática, en US EPA (2020), indican que la máxima concentración de sustancias químicas tóxicas no supone un riesgo apreciable para la mayoría de las especies de la vida acuática.

Las normas de calidad de agua para vida acuática de British Columbia (2019) establecen dos valores límites. Por una parte, un valor máximo a corto plazo, y por otra un valor a largo plazo o crónico. El valor a corto plazo no puede ser superado nunca, mientras que el de carácter crónico, o de largo plazo, puede superarse ocasionalmente, pero no se puede superar en los valores medios de las muestras en un período de tiempo dado, que es función de cada parámetro analizado. Las normas de Calidad de Aguas de Canadá son una

herramienta para evaluar la calidad del agua, y están orientadas a cuatro usos que son: el abastecimiento de aguas, los usos recreacionales y estética, la preservación de la vida acuática y el uso agrícola. Los usos industriales se incluyeron en versiones previas pero no vuelve a considerarlos y al contrario, se han promulgado diversas limitaciones para las sustancias químicas tóxicas. En las normas de Canadienses de Protección de la Vida Acuática, CCME (2001) se proporciona una tabla de concentraciones máximas, donde se distinguen los ecosistemas marinos y los de agua dulce, así como las concentraciones máximas para el corto plazo y para el largo plazo.

Las normas de calidad de Australia y Nueva Zelanda (ANZECC y ARMCANZ, 2000), se basan en proteger lo que en ellas se denominan valores medioambientales. Los valores medioambientales reconocidos en estas normas son ecosistemas acuáticos, industrias primarias, agua de regadío, y usos generales del agua, como son el abrevado de ganado, la acuicultura, o el consumo de alimentos acuáticos. También se incluyen los usos estéticos y recreativos, el abastecimiento a poblaciones, los usos industriales, si bien no hay normas establecidas ni valores límites de calidad para este uso. Los valores culturales y espirituales también se protegen en estas normas de calidad, aunque al igual que en los usos industriales no hay unos valores límites o guías establecidas, ya que estos valores se protegerán considerando para cada masa de agua concreta sus límites de calidad en función de sus características concretas (ANZGF y MWQ, 2000). Las normas de calidad Australianas no son de obligado cumplimiento, sino que debido a la diversidad de ecosistemas del continente han de ser establecidas de forma crítica, adaptándose a las diversas circunstancias locales, de manera que sean alcanzados los correspondientes objetivos de calidad. Las normas de calidad, por tanto, proporcionan recomendaciones, que se deben concretar y aplicar por los gestores, teniendo en cuenta las condiciones locales, así como los costes y beneficios asociados, buscando la eficiencia y el menor coste medioambiental.

La normativa de Europa de calidad establece valores guía para abastecimiento, éstas normativas están traspuestas a la normativa nacional española, sin embargo para la calidad de aguas y para la protección de la vida acuática, la regulación se lleva a efecto a través del desarrollo la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE. Las condiciones de referencia podrán derivarse utilizando modelos de predicción o métodos de análisis a posteriori. Los métodos utilizarán los datos disponibles históricos, paleológicos y de otro tipo.

La normativa española dispone los valores de la guía europea de acuerdo con la clasificación de las masas de agua, su tipificación y la definición de las condiciones de referencia del tipo. El Real Decreto 817/2015, establece los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental y en el anexo V de los indicadores fisicoquímicos para lagos, que afectan a los indicadores biológicos aparecen como parámetros a considerar los parámetros generales, la transparencia, las condiciones térmicas, las condiciones de oxigenación, la salinidad, el estado de acidificación, las condiciones relativas a los nutrientes, los contaminantes específicos.

Las guías internacionales de calidad del agua para los ecosistemas elaboradas por UNEP (IWQGES, 2016), constituyen un borrador de consulta que proporciona un marco de referencia para la aproximación de los indicadores y los valores umbral a utilizar.

Por último, se ha tenido en consideración información y estudios de carácter local, para determinar los niveles máximos y los óptimos de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno en el agua. Las concentraciones de nutrientes afectan al crecimiento de determinadas plantas acuáticas, es el caso del crecimiento de los carofitos en las Tablas de Daimiel (Alvarez-Cobelas et al., 2009)

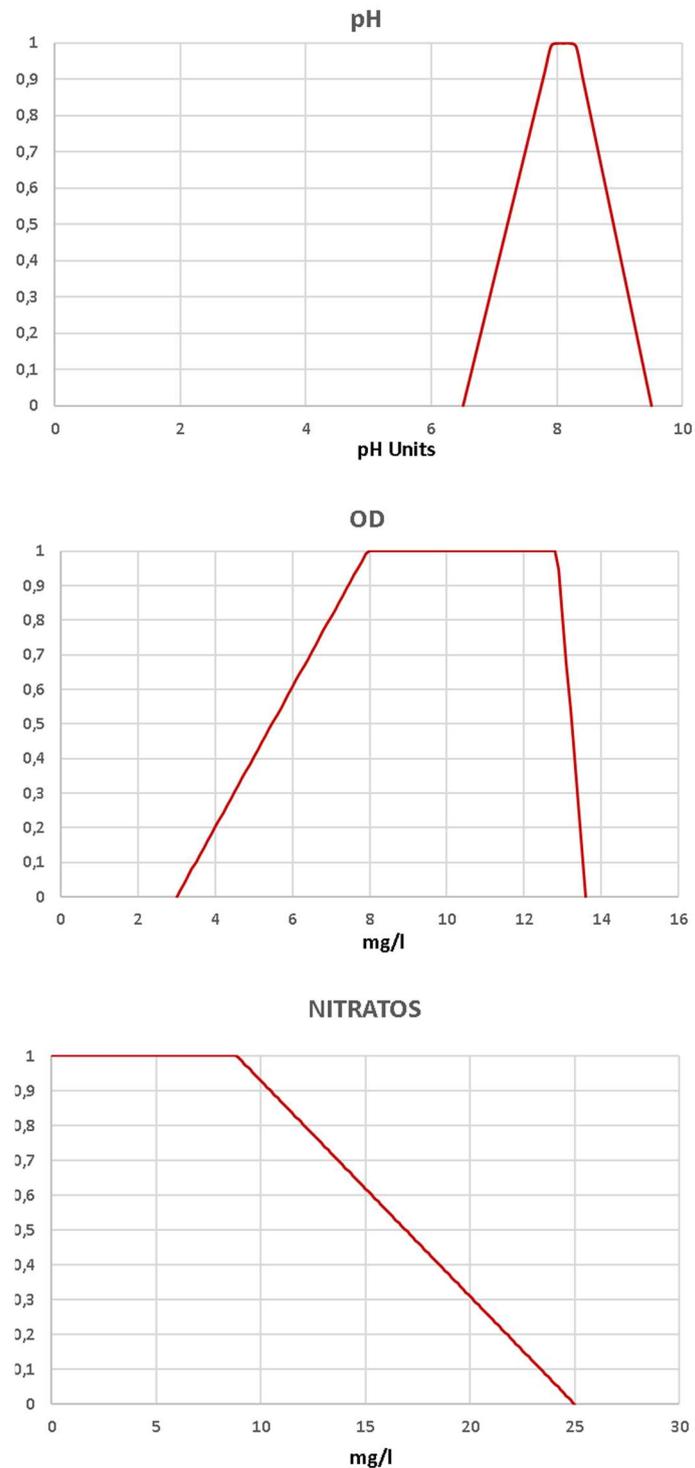
4. Caso de estudio

El embalse de Peñarroya está ubicado a 10 kilómetros de la ciudad de Argamasilla de Alba, en la provincia de Ciudad Real, Tiene una capacidad máxima de 57,7 hectómetros cúbicos. Proporciona agua para el abastecimiento de 43.000 personas y sirve una zona regable de más de 7.000 hectáreas. Por sus valores naturales, se encuentra dentro de la delimitación del Parque Natural de las Lagunas de Ruidera. El parque natural es una serie de quince lagunas conectadas entre sí que se extienden a lo largo de 32 kilómetros. El embalse de Peñarroya tiene una forma alargada, y él solo abarca una longitud de 10 kilómetros, con un ancho medio de tan solo 600 metros. Una particularidad del embalse de Peñarroya es que suele recibir aportaciones durante todo el año, especialmente en verano, cuando el resto de los embalses de la cuenca alta del Guadiana dejan de tener aportaciones, en Peñarroya estas son altas, pues es alimentado por la descarga del acuífero del Campo de Montiel que a su vez recibe el agua del deshielo de la Sierra de Alcaraz. Lo mismo sucede con el resto de las Lagunas de Ruidera. De hecho, el propio embalse podría considerarse una más, si no fuese porque fue creado artificialmente mediante la construcción de una presa. El ancho de coronación de la presa es de 251 y tiene una altura de 43,7 metros. La tipología de la presa es de gravedad y fue construida con hormigón en masa. Es la gran presa más antigua de las existentes en la cuenca alta del Guadiana. El río Guadiana desaparece unos cientos de metros aguas abajo de la presa de Peñarroya, para infiltrarse en el acuífero de la Mancha Occidental, un gran sistema acuífero de más de 5000 km². El Guadiana reaparece un centenar de kilómetros aguas abajo en los Ojos del Guadiana, para alimentar el humedal de las Tablas de Daimiel que, con una superficie de más de dos mil hectáreas, alberga gran diversidad de aves y constituye una parada para aquellas que hacen su migración. Lamentablemente, en la década de los 80, el acuífero sufrió la sobreexplotación debido a la actividad agrícola no sostenible, lo que ha ocasionado una extracción de aguas subterráneas excesiva que ha roto el equilibrio hidrológico. Producto de ello, los Ojos del Guadiana dejaron de aportar agua al humedal. La consecuencia ha sido una degradación del humedal, que ha tenido que mantenerse a través de aportaciones de agua procedentes del trasvase Tajo-Segura y de la construcción de dos presas, la de Puente Navarro, que cierra el humedal y la semipermeable denominada dispositivo hidráulico del Morenillo. Dichas infraestructuras sirven para mantener los niveles del agua en las Tablas de Daimiel, incluso cuando no hay aportaciones externas. También se ha recurrido a la utilización de pozos de bombeo para aportar caudales que eviten la autocombustión de las turbas del Parque.

Una situación probable es si se podría utilizar agua procedente del embalse de Peñarroya para aportar a las Tablas de Daimiel, mediante una reasignación de recursos hídricos en la cuenca, evitando en lo posible las aportaciones externas procedentes de otras cuencas. Para la regeneración hídrica del Parque Nacional el agua del embalse se califica de manera previa atendiendo a criterios objetivos a través de las funciones de evaluación y a criterios de sostenibilidad puesto que el agua del embalse a utilizar ha de ser similar al agua del humedal antes de que se produjese la sobreexplotación del acuífero. Se construyen las funciones de evaluación de los siguientes parámetros, pH, Oxígeno disuelto y Nitratos

Las funciones de evaluación que se desarrollan son lineales. El valor de la evaluación del parámetro estará comprendido entre cero y uno. De modo que el valor cero indicará que el parámetro no cumple los requisitos y por tanto en nuestro caso se interpretará como criterio de no aceptabilidad. El valor uno sin embargo corresponde a los mejores valores del parámetro de calidad estudiado. El intervalo de la meseta que se considera como de valores óptimos será, el que se encuentra centrado en la media y los extremos serán las desviaciones típicas. Las ecuaciones para describir estas funciones se basan en los valores de referencia para el humedal y en los valores límites permisibles para la conservación del buen estado de la vida acuática en el humedal. Para determinar el estado de referencia del

Figura 2.- Funciones de evaluación para el pH, el Oxígeno Disuelto y los Nitratos



humedal se han utilizado los valores medios de las muestras de agua tomadas en el humedal antes de que se produjese la sobreexplotación del acuífero. Con los valores medios del estado de referencia de las Tablas de Damiel y con los límites máximos recomendados por la guía IWQGES se obtienen las funciones de evaluación para pH, Oxígeno disuelto y Nitratos como se indica en la Figura 2. Los valores de referencia para el

oxígeno disuelto y el pH son los correspondientes a los años 1974 y 1975, obtenidos del trabajo de Cirujano et al. (1996). En el caso de los nitratos se han utilizado los valores de referencia y los límites. los obtenidos por los ensayos toxicológicos de Camargo y Alonso (2006), así como los de la norma española de Calidad de Aguas (Real Decreto 817/2015).

En función del valor de los parámetros, la calidad del agua se clasifica como, óptima, buena, aceptable, no deseable y no aceptable. La calidad es óptima, si todos los parámetros están entre 1,00 y 0,80; no aceptable si alguno es menor de 0,10. La calidad es buena si todos los parámetros están entre 0,79 y 0,60 o alguno mayor, es aceptable si todos los parámetros están entre 0,59 y 0,30 o alguno mayor y no deseable si todos los parámetros están entre 0,29 y 0,11 o alguno mayor.

5. Resultados

Una vez calculadas las funciones de evaluación de las Tablas de Daimiel se pueden aplicar al embalse de Peñarroya para determinar la calidad de sus aguas y si están en el rango adecuado poderlas utilizar como recursos hídricos externos para aportarlos al humedal. Se toman como datos del embalse de Peñarroya los disponibles y públicos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Si los revisamos, en el bienio 2009-2010 corresponde a años en los que tras una fuerte y prolongada sequía se produjeron intensas lluvias. Ello provocó el arrastre de los nitratos que acumulados en el acuífero por la actividad agrícola, fueron a parar al embalse de Peñarroya, alcanzándose límites inadmisibles para este parámetro. El bienio 2017-2018 muestra la situación actual, a falta de datos más recientes del año 2019, aún no publicados.

Tomamos, como simulación, cuatro situaciones, una de cada año 2009, 2010, 2017 y 2018 y para realizar el cálculo, suponemos que los datos fueran la media aritmética de cada año. Los datos de los cuatro parámetros en las cuatro situaciones se indican en la Tabla 1

Tabla 1: Valor de los parámetros del Peñarroya en los años 2009, 2010,2017 y 2018

PARÁMETROS PEÑARROYA			
AÑO	pH	OD	NITRATOS
2018	9,19	8,33	3,16
2017	8,86	9,41	5,78
2010	8,23	9,60	37,63
2009	8,22	9,48	15,81

Al aplicar las funciones de evaluación a estos valores obtenemos la puntuación adimensional para los parámetros. Se representan en la Figura 3 y se indican en la Tabla 2. Obtenidos los valores adimensionales por las funciones evaluación a las aguas del embalse de Peñarroya, la calidad de sus aguas en la restauración hídrica para las Tablas de Daimiel en cada situación, es la que se relaciona en la Tabla 3. En los años 2018 y 2010 las aguas del embalse son no deseables y no aceptable respectivamente, mientras los años 2017 y 2010 son aceptables.

Figura 3.-Valores de los parámetros en los casos 2009, 2010, 2017 y 2018

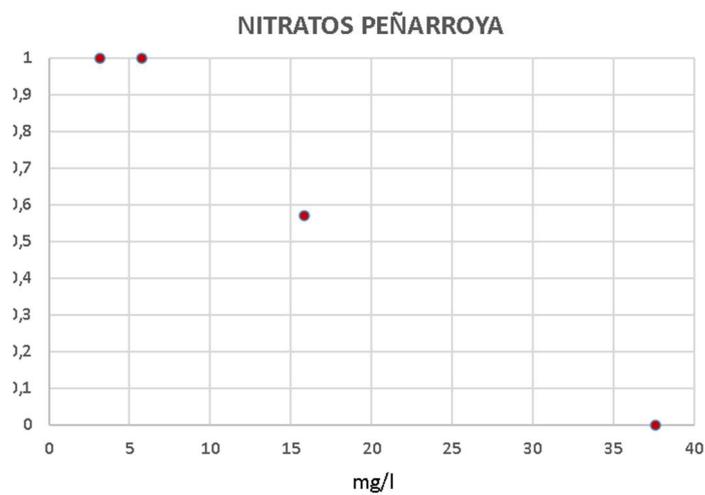
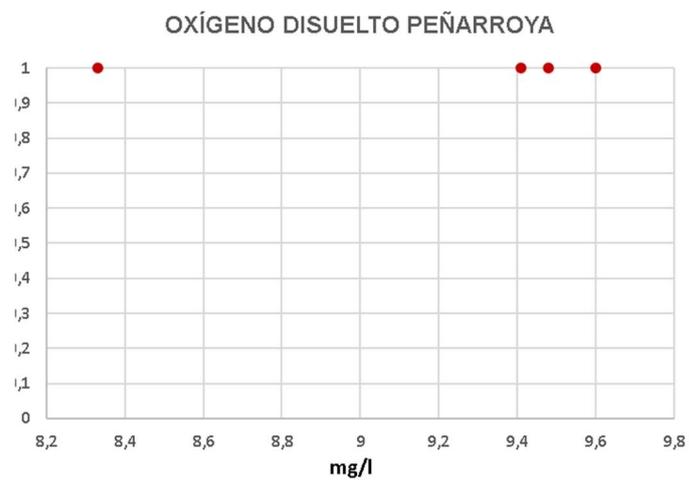
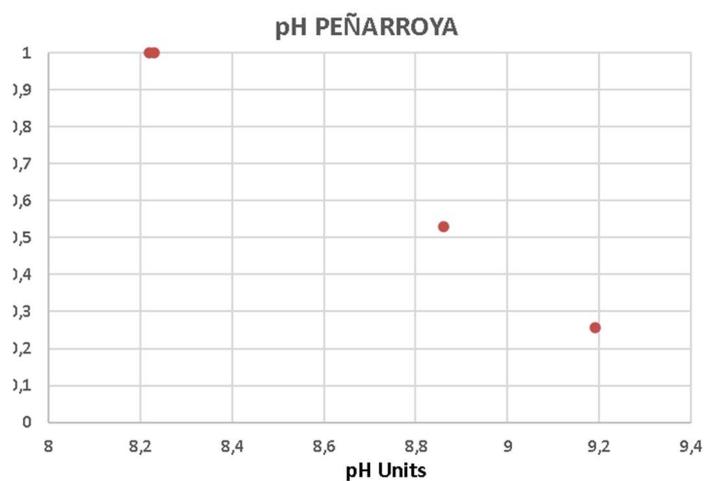


Tabla 2.-Puntuación de los parámetros al aplicar las funciones en el Peñarroya.

EVALUACIÓN DE LAS FUNCIONES			
AÑO	pH	OD	NITRATOS
2018	0,26	1	1
2017	0,53	1	1
2010	1	1	0
2009	1	1	0,57

Tabla 3.-Situación del Embalse Peñarroya, aptitud para la Restauración Hídrica.

Situación 2018: No deseable

Situación 2010: No Aceptable

Situación 2017: Aceptable

Situación 2009: Aceptable

Aplicando el método de las funciones de evaluación desarrollado a los posibles aportes a realizar al humedal de las Tablas de Daimiel se determinaría el agua más conveniente, así, el agua del embalse en la situación 2010 no se podría usar, en tanto que la situación 2018 se podría usar sino hubiera otra mejor. Las otras dos situaciones 2009 y 2017 son correctas para la restauración hídrica desde el embalse de Peñarroya.

6. Conclusiones

Se ha desarrollado una metodología para la evaluación de la idoneidad de los recursos hídricos según su potencial para ser utilizados en la regeneración y conservación de humedales. Se utilizan las funciones de evaluación lineales que evalúan mediante una puntuación entre 0 y 1 la bondad del recurso hídrico para cada parámetro considerado.

Hay tantas funciones lineales de evaluación como parámetros se vayan a utilizar para estimar la calidad del agua. La construcción de las funciones de evaluación se hace de forma que sean lo más objetivas posible, para lo que se basan en los valores de referencia del humedal y los valores límites máximos y mínimos de cada parámetro que sean compatibles con un buen estado de la vida acuática. Se garantiza con ello la sostenibilidad del humedal, al incorporar recursos hídricos que serán seleccionados para que sean lo más próximos a la situación del humedal en su estado inalterado, garantizando además el buen estado de la vida acuática.

Se ha aplicado para obtener la calidad de las aguas del embalse de Peñarroya para utilizarlas, en un determinado momento, como restauración hídrica del humedal las Tablas de Daimiel y determinar su conveniencia. El método es una herramienta de elaboración sencilla, que permite una rápida valoración de distintas fuentes de agua, para que sea de ayuda a la decisión sostenible en la reasignación de los recursos hídricos y conseguir la supervivencia y el mantenimiento del buen estado ecológico del humedal y su ecosistema.

7. Bibliografía

- Álvarez-Cobelas M., Cirujano-Bracamonte S., Colom-Montero W. & López-Carceller V. (2009). Plan Regata. Plan de Restauración Gradual de las Tablas de Daimiel. Convenio CHG-CSIC.
- ANZECC & ARMCANZ (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. ANZECC & ARMCANZ. Canberra.
- ANZGF & MWQ (Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality) (2000). Volume 1. The guidelines. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. ISBN 09578245 0 5 (set). ISSN 1038 7072.
- BCWQI. (1996). Ministry of Environment Lands and Parks. The Water Quality Section. British Columbia Water Quality Status Report. April, Victoria, Bc.
- British Columbia (2019), Approved Water Quality Guidelines: Aquatic Life, Wildlife & Agriculture. <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/waterquality/water-quality-guidelines/approved-water-quality-guidelines>
- Brown, R.M., McClland, N. I., Deininger, R.A., Tozer, R.G. (1970). A water quality index – Do we dare?. *Water and Sewage Works*, 117(10), 339-343.
- Camargo, J.A. & Alonso, A., 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environ. Int.*, 32 (6), 831-849. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002>
- CCME (2001). Canadian environmental quality guidelines for the protection of aquatic life, CCME water quality index: technical report, 1.0. <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/en/index.html#void>.
- Chauhan, A. and Singh, S., (2010) "Evaluation of Ganga water for drinking purpose by water quality index at Rishikesh, Uttarakhand, India", Report Opinion, 2(9). 53-61.
- Cirujano, S., Casado, C., Bernués, M., Camargo, J.A., 1996. Ecological study of Las Tablas de Daimiel National Park (Ciudad Real, Central Spain): differences in water physico-chemistry and vegetation between 1974 and 1989. *Biol. Conserv.* 75 (3), 211-215. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)00079-8](https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)00079-8).
- Cui B., Tang N., Zhao X., Bai J. (2009). A management-oriented valuation method to determine ecological water requirement for wetlands in the Yellow River Delta of China. *Journal for Nature Conservation* Volume 17, Issue 3, August 2009, 129-141
- Unión Europea. Directiva Marco del Agua, Directiva 2000/60/CE - EUR-Lex - Europa EU
- Horton R.K. (1965). An index number system for water quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(3), 300-306.
- IWQGES, 2016. International Water Quality Guidelines for Ecosystems. UNEP, United Nations University. UNU-EHS, Institute for Environment and Human Security. http://web.unep.org/sites/default/files/Documents/20160315_iwqges_pd_final.pdf
- Singh, S., Ghosh, N.G., Krishan, G., Galkate, R., Thomas, T. Jaiswal, R.K. (2015). Development of an Overall Water Quality Index (OWQI) for Surface Water in Indian Context. Vol. 10(3) 813-822.
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., Dobhal, R., 2013. Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index. *American Journal of Water Resources*, Vol 1, Nº 3, 34-38.

España. Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. *BOE» núm. 219, de 12 de septiembre de 2015, 80582 a 80677.*

US EPA (2020). National Recommended Aquatic Life Criteria table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

