

04-003

SUSTAINABLE ALLOCATION OF WATER RESOURCES IN WETLANDS BASED ON PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS

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

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

The selection of water resources for hydrological restoration of wetlands can be based on physico-chemical parameters. They must represent the quality and characteristics of water resources. The number of parameters chosen should not be too high or expensive to obtain. Different physico-chemical indices are compared. Traditionally, indices have been used to determine water quality, both considering the use of water and the conservation of aquatic life. In view of the above, a list of physico-chemical parameters is proposed to assess the suitability of water resources for wetland conservation and restoration.

Keywords: sustainable water resources; wetland conservation; physico-chemical parameters

ASIGNACIÓN SOSTENIBLE DE RECURSOS HÍDRICOS EN HUMEDALES BASADA EN PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

La selección de recursos hídricos para la restauración hidrológica de humedales puede basarse en parámetros físico-químicos. Estos parámetros han de ser elegidos de forma que sean adecuados para representar la calidad y características de dichos recursos. El número de parámetros elegido no debe ser muy elevado y no muy costosa su determinación, facilitando con ello la toma de decisiones. Se comparan diferentes índices compuestos por parámetros físico-químicos, los cuales han sido utilizados tradicionalmente para determinar la calidad de las aguas, tanto desde el punto de vista de la vida acuática como de su utilización en regadío, abastecimiento u otros usos. Se ha obtenido una lista de posibles parámetros físico-químicos propuestos para la evaluación de las características e idoneidad de los recursos hídricos destinados a la conservación y restauración de los humedales.

Palabras clave: sostenibilidad recursos hídricos; conservación humedales; parámetros físico-químicos

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

En el último siglo se ha producido una alarmante disminución del número de humedales en todo el mundo (Davidson, 2014). Ello supone una enorme pérdida para la biodiversidad. La restauración y conservación de las zonas húmedas es un asunto de vital importancia, porque además muchos humedales son sumideros de gases de efecto invernadero, especialmente aquellos que albergan turberas, con un destacado papel en la lucha contra el cambio climático (Brown, 2020). El agua es un factor crítico para la supervivencia del humedal y de todo su ecosistema. Además, en el caso de las turberas ha de garantizarse un grado mínimo de humedad, pues de no ser así se puede producir un fenómeno de autocombustión con efectos devastadores (Turetsky et al., 2014). Por ello, en muchos casos, debido a demandas de agua cada vez mayores ocasionadas por el crecimiento de la población así como por la aparición de nuevas industrias y de prácticas agrícolas no sostenibles, es frecuente que se produzcan fenómenos de sobreexplotación de los recursos hídricos, que se traducen en que las necesidades mínimas medioambientales no sean satisfechas, siendo necesario aportar agua desde otras fuentes externas, reasignando los recursos hídricos de una forma sostenible, y dando prioridad a la satisfacción de las demandas de agua necesarias para la conservación de los ecosistemas y del medio ambiente (Cui et al., 2009). Se deben seleccionar las aguas aportadas para que sean las más adecuadas para la conservación del humedal. Esta cuestión es esencial en cualquier proyecto de restauración hídrica de humedales. Los parámetros físico-químicos han sido utilizados de forma generalizada a lo largo de los años para la caracterización de los recursos hídricos y más concretamente para determinar su calidad mediante la elaboración de índices Abbasi y Abbasi (2012), que proporcionan un valor que sintetiza toda la información de los parámetros analizados y que es representativo de la calidad de la masa de agua estudiada. Ramírez-Fernández y Fernández (2004) estudiaron treinta y seis índices de calidad de agua, los parámetros más utilizados fueron; Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales y pH. En 2019, Soumaila et al. obtuvieron diecisiete índices al revisar recientes publicaciones.

2. Objetivos

El objetivo principal es seleccionar una lista de parámetros fisicoquímicos, a utilizar para la evaluación sostenible de los recursos hídricos, en la restauración de los humedales. Los parámetros elegidos garantizarán el objetivo de que se cumplan las demandas medioambientales y el buen estado de los ecosistemas acuáticos.

3. Metodología

Para garantizar la gestión sostenible de los recursos hídricos es necesario satisfacer las demandas medioambientales y la supervivencia de los ecosistemas acuáticos y así evitar la degradación y pérdida de zonas húmedas. Es un problema que se ha de resolver desde la sostenibilidad por lo que en el caso de la regeneración hídrica de los humedales es necesario contar con indicadores para discriminar las fuentes de agua más apropiadas

Un índice de calidad es un número adimensional que se obtiene indirectamente con los valores determinados en muestras de agua para los parámetros elegidos. Hay cuatro fases fundamentales para el diseño de un índice de calidad. La primera es la selección de los parámetros. La segunda fase consiste en establecer unos valores adimensionales o subíndices. Estos subíndices vienen determinados por unas funciones de rating creadas al efecto, que contienen toda la información sobre valores límites y valores óptimos de cada parámetro. Estas funciones se determinan con posterioridad a la selección de los

parámetros. El tercer es fijar pesos para cada uno de los parámetros, de modo que se da más importancia a unos que a otros. Esta información da a conocer los parámetros que tienen más repercusión en el valor final del índice de calidad, permitiendo establecer criterios para su selección. El cuarto y último paso a seguir para elaborar un índice de calidad es la agregación de los subíndices citados en la fase dos, de manera que se pueda obtener el valor final del índice (Lumb , Sharma y Bibeault, 2011)

Para la selección de los parámetros físico-químicos se realizan dos revisiones bibliográficas, una sobre los índices de calidad del agua y otra sobre los índices aplicados a humedales y así obtener los parámetros utilizados mas frecuentes. Con los resultados obtenidos se elabora una lista de los parámetros a utilizar para evaluar la idoneidad de los recursos hídricos destinados a la conservación de humedales y que sean sostenibles, garantizando la vida acuática (Naigaga et al.,2011). Los parámetros se ordenan por su frecuencia y se proponen los parámetros físico-químicos con frecuencia mayor.

4.Revisión y Estudio de los Parámetros más Frecuentes en los Índices de Calidad de Aguas.

La primera revisión relativa a los índices para estimar la calidad del agua para distintos fines han sido cuarenta y tres. Algunos de los índice más significativos considerados se resumen a continuación:

El primer índice de calidad de aguas moderno es el de Horton (1965). Considera en su mayoría parámetros físico-químicos y son: Oxígeno disuelto, pH, Coliformes fecales, Conductividad específica, Alcalinidad, Cloruros Carbon chloroform extract, Temperatura y Porcentaje de población aguas arriba conectada a un saneamiento. Estableció pesos para todos los parámetros oscilando entre 1 y 4. Este índice se pretendía aplicar a todas las masas de agua del país, por tanto trata de medir la calidad con carácter general y las variables seleccionadas para confeccionar el índice tenían en cuenta su disponibilidad, eligiendo los parámetros más utilizados en los análisis de agua.

National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI),se desarrolló a primeros de la década de los 70 (Brown et al. 1970). Más de cien expertos de calidad de agua de todo Estados Unidos participaron en la confección de este índice. Para la selección de los parámetros se utilizó el método Delphi, que también sirvió para establecer las curvas de rating de cada parámetro. Se consideran también los pesticidas y los elementos tóxicos se estableció que si la concentración de estos pasaba del valor admisible el índice de calidad es automáticamente cero. Los parámetros fueron; Oxígeno disuelto, Coliformes Fecales, pH, DBO5, Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez, Sólidos Totales. Este índice estima la calidad general del agua, sin distinguir usos como podrían ser el abastecimiento, los usos industriales, baño o agricultura.

O'Connor (1972) desarrolló dos índices de calidad. Uno de ellos para medir la calidad del agua destinada al consumo humano (PWS), y el otro para determinar la calidad del agua para los peces y la vida acuática (FAWL). Los parámetros son, Índice FAWL: Oxígeno Disuelto, pH, Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez, Sólidos Disueltos, Fenoles, Amonia, Índice PWS: Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales, pH, Nitratos, Turbidez, Sólidos Disueltos, Fenoles, Fluoruros, Dureza, Cloruros, Alcalinidad, Color y Sulfatos. El valor final de estos índices de calidad se obtiene por la suma ponderada de los subíndices. Esta suma total se multiplica por un factor cuyo valor es cero o uno en función de que se detecten sustancias tóxicas o pesticidas excediendo los límites recomendados.

Índice de British Columbia Water Quality Index (BCWQI,1996), se confeccionó para controlar que se cumplen los límites de los parámetros establecidos por la legislación, de modo que queden protegidos todos los usos del agua El índice tiene una gran versatilidad, puesto que

se puede aplicar a cualquier masa de agua, ya sea superficial, subterránea, o incluso marina. El problema de este índice es que no vale para determinar la calidad en un período de tiempo corto, está diseñado para intervalos más largos, por lo que no detectará. por ejemplo, un vertido que produzca una contaminación puntual en el tiempo. Normalmente el período de tiempo utilizado es un año. Este índice tiene la ventaja de que es flexible porque puede utilizar los parámetros que se quieran, puesto que se basa en la consecución de los objetivos que se adaptan a los valores límites que se elijan de acuerdo a la legislación y a los usos que se determinen.

El índice consta de tres factores. El primero es el porcentaje del número de objetivos (parámetros o grupos de parámetros) alcanzados en el año. El segundo factor es la frecuencia de los objetivos no alcanzados. Finalmente, el tercer factor multiplicativo que integra el índice es obtenido calculando la cantidad de objetivos no alcanzados en un año. El índice se considera como si fuese un vector cuyas componentes son los tres factores anteriormente citados. Por ello la suma de los cuadrados de los factores es el cuadrado del índice, tal y como sucedería cuando se calcula la norma de un vector en el espacio tridimensional. No obstante el tercer factor suele dividirse por tres, ya que tiene un efecto que es mayor que el de los otros dos factores y haría que estos no quedasen representados en el índice.

Índice de Calidad de Agua Oregón (OWQI), la primera versión fue desarrollada en los años setenta (Dunnet, 1979). Tenía inicialmente seis parámetros y ocho en su segunda versión para usos recreativos, actualizada por Cude (2001) y no tienen peso los parámetros. Se ha utilizado para evaluar la calidad con carácter general de los ríos de Oregón.

La finalidad de este índice es evaluar la calidad de las aguas para los usos recreativos en general. También se utilizó en el departamento de calidad medioambiental de Idaho. El proceso de selección de parámetros fue complejo y se llevó a cabo en varias fases, la primera de las cuales fue la revisión bibliográfica con la búsqueda de otros índices. Como resultado de esta consulta obtuvo una primera una lista de 90 posibles parámetros, los cuales se usaban en otros índices de calidad. En la siguiente fase mediante razonamientos rechazó un gran número de parámetros, para quedarse solo con 30, tras considerar los datos disponibles y rechazar aquellos cuya importancia era cuestionable. Una vez hecho esto empleó una técnica de Delphi modificada para quedarse finalmente con solo los seis parámetros del índice primitivo con pesos diferentes: Oxígeno, pH, Coliformes Fecales, Demanda Biológica de Oxígeno, Sólidos, Nitratos + Amonia , Fósforo Total, Parámetros añadidos posteriormente.

Al realizar la revisión bibliográfica de los cuarenta y tres índices anteriores se obtienen los cincuenta y nueve parámetros diferentes. Si se ordenan los parámetros de los anteriores índices y se representan, el porcentaje de frecuencias de cada parámetro respecto del total se obtiene la gráfica correspondiente, como se indica en la Figura 1.

En cualquier caso, los índices de calidad del agua anteriores son el reflejo de los usos evaluados del agua para abastecimiento y de carácter general, los cuales no en todos los humedales serán prioritarios. El abastecimiento hace que la presencia de bacterias coliformes en el agua y la DBO sean factores muy importantes.

Por ello, a continuación, se realiza el análisis estadístico de la frecuencia de aparición de los parámetros en los distintos índices de calidad del agua, distinguiendo tres categorías o subconjuntos de los parámetros iniciales, de modo que se puedan obtener conclusiones más precisas para el caso de los humedales. En la Figura 2 se grafía el porcentaje del subconjunto de parámetros excluidos los parámetros de los índices de abastecimiento.

Figura 1.- Aguas de todo tipo. Frecuencia en porcentaje de los parámetros de índices de calidad.

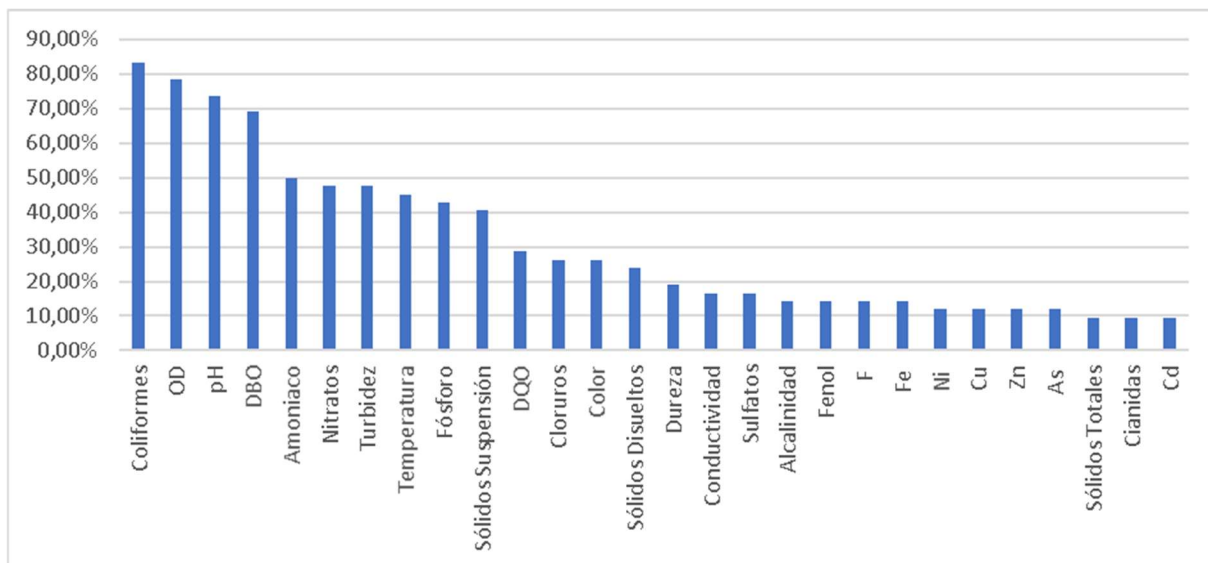
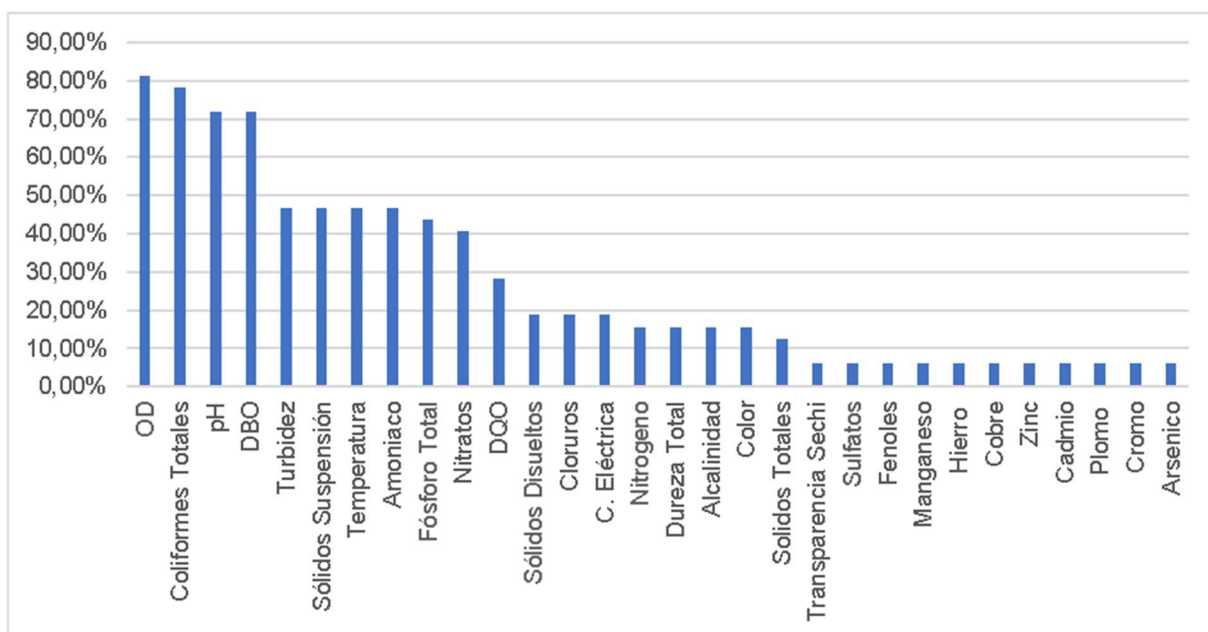


Figura 2.- Frecuencia en porcentaje de aparición de parámetros en los índices de calidad de aguas, excluidos los índices de calidad para abastecimientos.



Para el subconjunto vida acuática y usos recreativos, la gráfica se indica en la Figura.3. Los parámetros más importantes son distintos a los índices generales. Destacan el pH, la Temperatura, el Oxígeno disuelto y los nutrientes. Si consideramos el subconjunto con los índices de vida acuática, se obtiene la Figura 4. En general la calidad del agua en los humedales va a tener más que ver con el buen estado de la vida acuática que con su aptitud para usos determinados. Se observa que el orden de los parámetros preferidos para la medición de la calidad del agua para la vida acuática, cambia totalmente y ocupan los

primeros puestos, la turbidez, temperatura, pH, oxígeno disuelto, fósforo total, sólidos suspendidos y amonio.

Figura 3. Porcentaje de la frecuencia de aparición de parámetros en índices de vida acuática y usos recreativos.

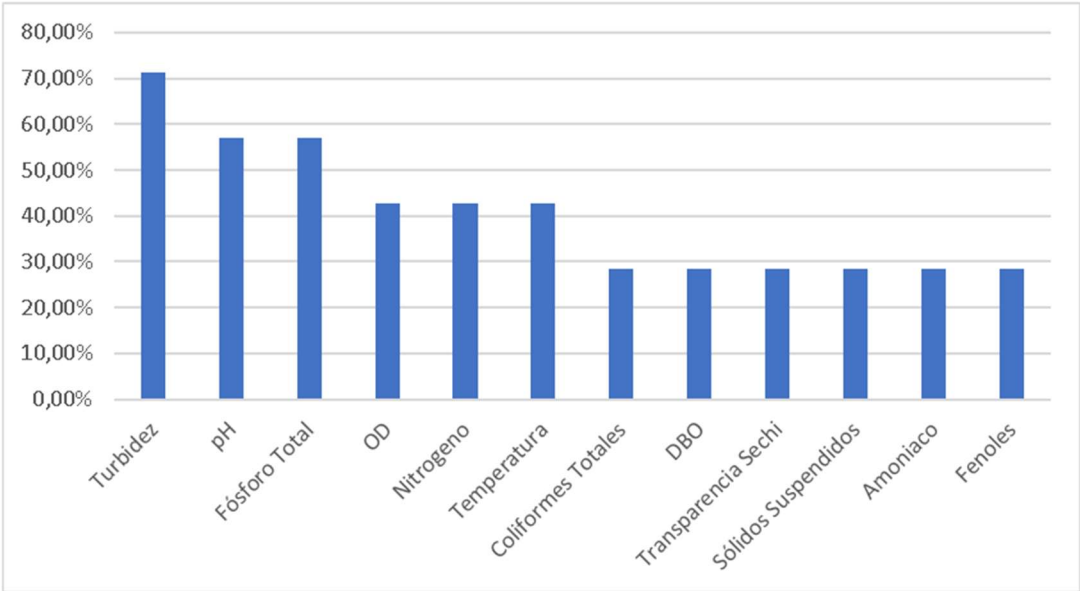
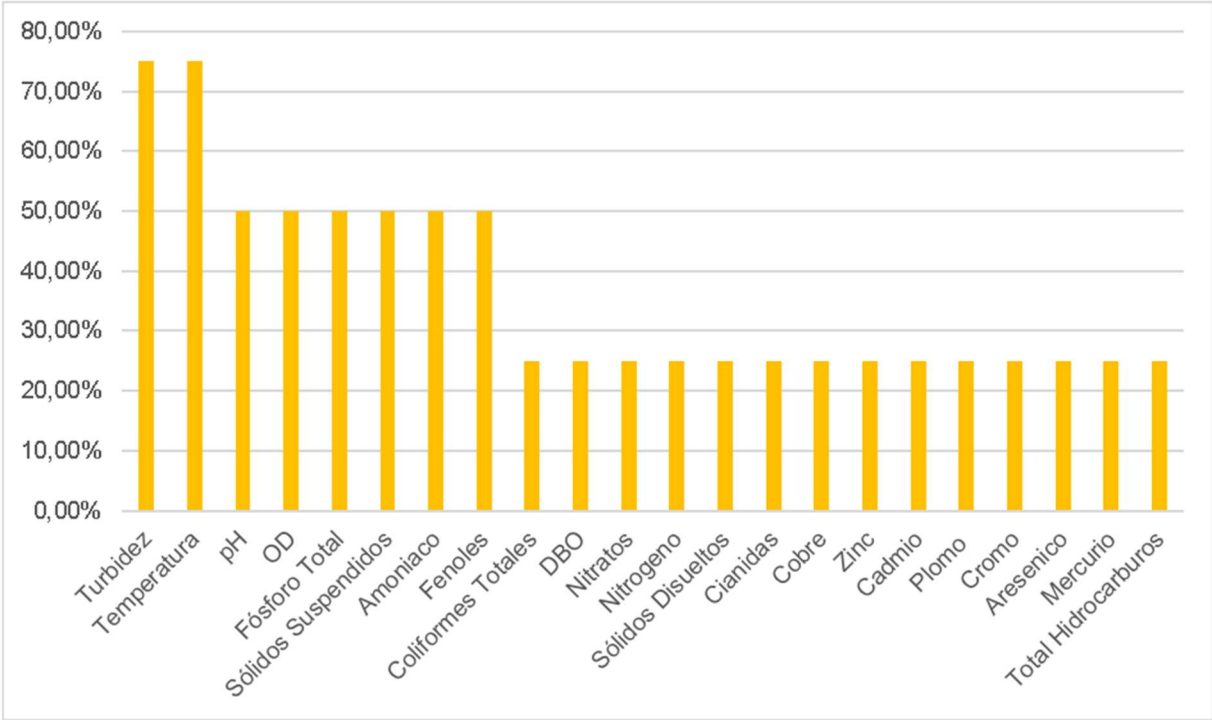


Figura 4. Frecuencia expresada en porcentaje del número de veces que se utiliza cada parámetro en los índices de vida acuática.



Se realiza una segunda revisión bibliográfica de los índices de calidad de aguas en los humedales. Han sido catorce los índices revisados y se indican a continuación por países, Bangladés: Shitalakka Wetland, Alam et al. (2017); Chile: Wetland el Yali, Chile. Rivera et al.

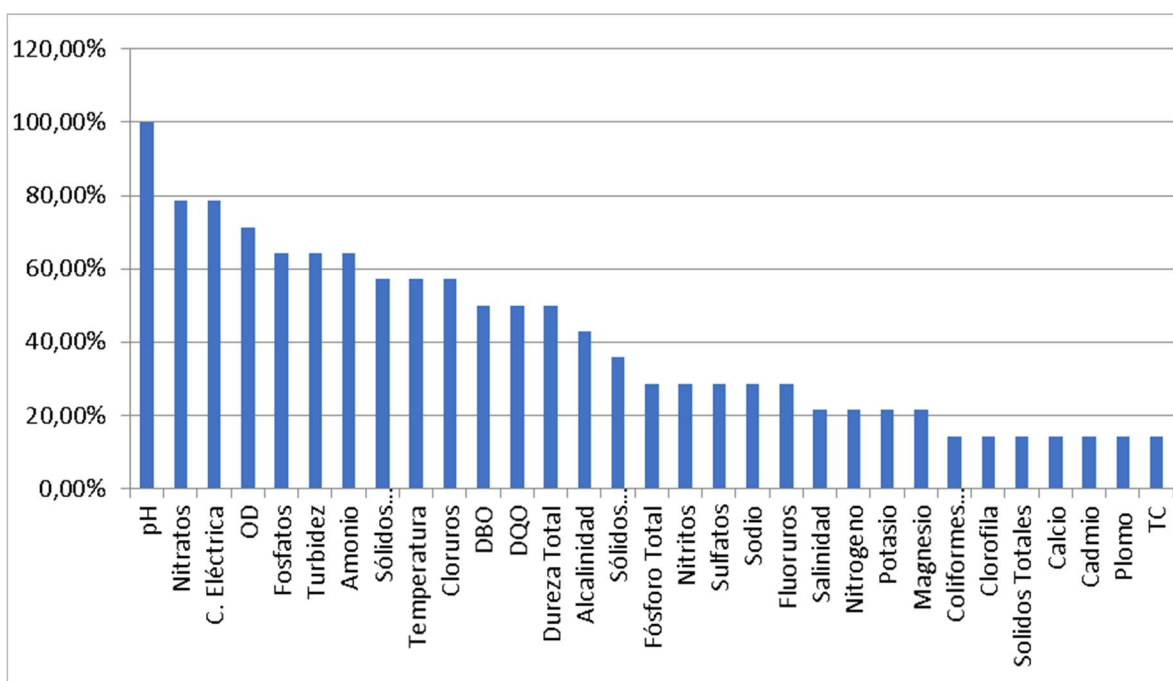
(2019); China: Nanhai Wetland, Gao et al. (2016); Etiopía: Wetlands in Etiopía, Troyer et al. (2016); Irán: Choghakhor Wetland, Iranian Plateau, Fathi et al. (2015); Iraq: Hammar Marsh Wetlands, Al-Musawi, Al-Obaidi y Al-Rubaie (2018); India: Wetlands, India, Saha (2013), Thod Wetland, Mahendra y Pradeep (2018) y Deepor Beel Wetland, Assam, Kalita and al. (2018); Indonesia: Perancak Estuary, Ministry of Environment Republic Indonesia. (2003); Italia: Torre Flavia, Sabia et al. (2018); Nepal: Betna Wetland, Das (2018); USA :110 Wetlands of the Laurentian Great Lakes, Chow-Fraser (2015) y Isolated Wetlands Georgia, Deemy y Rasmussen (2018).

Para determinar la calidad del agua en Perancak Estuary, Indonesia, se realiza la comparación del valor de los parámetros de las muestras de agua con los estándares de calidad. Se establece un sistema de puntuación y distingue tres categorías de parámetros, los físicos, los químicos y los biológicos. En 110 Wetlands of the Laurentian Great Lakes, US, se utilizan métodos estadísticos mediante al análisis de componentes principales y por tanto la selección de los parámetros a considerar para determinar la calidad es objetiva y es también determinada cuerpos de agua determinados que son humedales. En cinco artículos se utiliza el índice Weight Arithmetic Water Quality que permite la libre elección de los parámetros y compara el valor de las muestras de agua con los valores límites y con los valores óptimos o ideales, cuanto mayor es la puntuación obtenida menor es la calidad del agua (Paul et al., 2016).

La mayoría de los índices permiten la libre selección de los parámetros a utilizar, de modo que éste se construye expresamente para esa masa de agua, siendo específico para caracterizar la calidad del humedal.

En la revisión bibliográfica de los catorce índices que se aplican a humedales se obtienen treinta y un parámetros. Se calculan las frecuencias de los parámetros, se ordenan y se representan, como se indica en la Figura 5. el parámetro preferido para la medición de la calidad del agua para humedales, es el pH.

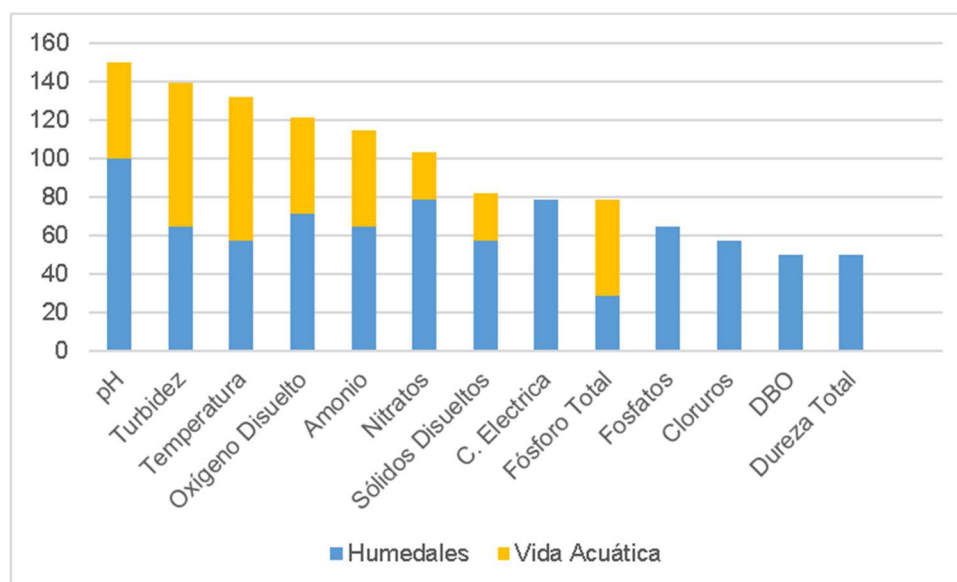
Figura 5. Frecuencia en tanto por ciento de parámetros utilizados en índices aplicados a humedales.



5.Resultados

En la restauración sostenible hídrica de humedales hay que garantizar la vida acuática, por lo que los parámetros que definen ambas situaciones serán la unión o suma de ambos. Se representa en la Figura 6, siendo los parámetros que se usan con una frecuencia de más de la mitad, pH, Turbidez, Temperatura, Oxígeno disuelto, Amonio y Nitratos.

Figura 6. Suma de frecuencias en porcentaje de parámetros utilizados en índices aplicados a humedales y solo en vida acuática de índices de agua.



6.Conclusiones

Se ha llevado a cabo una revisión de cuarenta y tres índices de calidad del agua, y se han obtenido los parámetros para determinar la calidad del agua de la vida acuática, que unidos a los parámetros obtenidos de la revisión de índices de calidad de aplicaciones exclusivas a humedales, se concluyen los parámetros físico-químicos que mayoritariamente se utilizan en la restauración de humedales. La lista de parámetros físico-químicos es, pH, Turbidez, Temperatura, Oxígeno disuelto, Amonio y Nitratos. Son parámetros para la evaluación de los recursos hídricos para la conservación de humedales que tienen relación con las condiciones naturales y ambientales de las masas de agua, y que a su vez se puedan relacionar con las condiciones de referencia del humedal. Se han seleccionado un reducido número de parámetros físico-químicos específicos para la evaluación sostenible de los recursos hídricos destinados a la conservación y restauración de los humedales y como consecuencia con una selección adecuada del agua se podrán preservar las características originales de la zona húmeda a conservar y conseguir que la actuación sea sostenible.

7.Bibliografía

- Abbasi, T. & Abbasi, S.A. (2012). Water Quality Index. Elsevier.
- Alam, M. Z., Carpenter-Boggs, L., Rahman, A., Haque, Md. M., Miah, Md. R. U., Moniruzzaman, M., Qayum, Md. A. & Abdullah, H. M. (2017). Water quality and resident perceptions of declining ecosystem services at Shitalakka wetland in Narayanganj city. *Sustainability of Water Quality and Ecology* 9–10 (2017) 53–66.
- Al-Musawi, N. O., Al-Obaidi, S.K. & Al-Rubaie, F.M. (2018). Evaluating Water Quality Index of Al-Hammar Marsh, South of Iraq with the Application of GIS Technique. *Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 13, No. 12, 4118 – 4130.

- British Columbia Water Quality Index. (1996). Ministry of Environment Lands and Parks. The Water Quality Section.
- Brown L. (2020). Challenges in delivering climate change policy through land use targets for afforestation and peatland restoration. *Environmental Science & Policy Volume 107*, May 2020, Pages 36-45.
- 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.
- Cude, C. G. (2001). Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management effectiveness. *Journal of the American Water Resources Association* 37(1), 125-137.
- 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, Pages 129-141.
- Chow-Fraser, P. (2006). Development of the Water Quality Index (WQI) to assess effects of basin-wide land-use alteration on coastal marshes of the Laurentian Great Lakes. Coastal Wetlands of the Laurentian Great Lakes: health, habitat and indicators. Eds. Simon, T.P. and Stewart, P.M.
- Das, B. D., Kumar, B. N., Mishra, R. K. & Choudhary, S. K. (2018). Assessment of Water Quality Index for the SurfaceWater in Betna Wetland of Morang District, Nepal. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research Volume 5*, Issue 2.
- Davidson, N.C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research Volume 65, Issue 10*, 934-941
- Deemy, J. B. & Rasmussen, T. C. (2017). Hydrology and water quality of isolated wetlands: Stormflow changes along two episodic flowpath. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 14, 23–36.
- Dunnet, D. A. (1979). A geographically variable water quality index used in Oregon. *Journal Water Pollution Control Federation* 51(1), 53-61.
- Fathi P., Ebrahimi E., Mirghafary M. & Esmaeili O. A. (2016). Water quality assessment in Choghakhor Wetland using water quality index (WQI). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 15(1) 508- 523.
- Gao, J.T., Wang, X.Y., Li, W.P., Yu, L.H., Yang, W.H. & Yin, Z.Y. (2016). Water quality assessment and analysis for rehabilitate and management of wetlands: a case study in Nanhai wetland of Baotou, China. *MATEC Web of Conferences* 60 02004. DOI: 10.1051/mateconf/2016602004.
- Horton R.K. (1965). An index number system for rating water quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(3), 300-306.
- Kalita, S., Kalita, H., Das, M. & Sikia, M.D. (2018). Assessment of Spatial Variations of Water Quality Index of Deepor Beel, Assam, India. *International Research Journal of Engineering and Technology* . Volume: 05 Issue: 06.
- Kangaba, R.D., Bhoominatha, S.D., Kanagara & S., Govindaraju, M. (2015). Development of a water quality index (WQI) for the Loktak Lake in India. *Appl Water Sci* , 7, 2907–2918. DOI 10.1007/s13201-017-0579-4.
- Lumb A., Sharma T.C. & Bibeault, J.F.(2011). A Review of Genesis and Evolution of Water Quality Index (WQI). *Water Qual Expo Health* 3, 11–24 DOI 10.1007/s12403-011-0040-0.
- Mahendra, B. H. & Pradeep, M. C. (2018). Water quality index of Thol Wetland, Mehsana, Gujarat, India. *International Research Journal of Environmental Sciences Vol. 7(6)*, 19-24.
- Naigaga I., Kaiser H.,Muller W.J., Ojok L.,Mbabazi D., Magezie G., Muhumuza E. (2011). Fish as bioindicators in aquatic environmental pollution assessment: A case study in

- Lake Victoria wetlands, Uganda. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C Volume 36, Issues 14–15*, 918-928.
- Ministry of Environment Republic Indonesia. (2003). Ministry of Environment Decree number 115 of 2003. About the Guidelines for Determination of Water Quality Status.
- Naigaga, H. Kaiser, W.J. Muller, L. Ojok, D. Mbabazi, G. Magezi, & E. Muhumuza (2011). Fish as bioindicators in aquatic environmental pollution assessment: A case study in Lake Victoria wetlands, Uganda. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Volume 36, Issues 14–15*, 918-928, ISSN 1474-7065, <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.066>.
- O'Connor, M. (1972). The application of multiattributive scaling procedures or indices of values. Michigan USA.
- Paul, J., Crucecu, L.V., Chiriac, F.L., Niculescu, M., Vasile, G.G., & Marin, N. M. (2016). Water Quality Indices - Methods for Evaluating the Quality of Drinking Water. *INCD ECOIND – International Symposium – SIMI 2016*.
- Ramírez-González, A. & Fernández, N. (2004). Physico-chemical Water Quality indices, a comparative review. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 2, núm. 1, 2004, pp. 19-30. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.
- Rivera, C., Quiroga, E., Meza, V. & Pastene, M. (2019). Evaluation of water quality and heavy metal concentrations in the RAMSAR Wetland El Yali (Central Chile, 33°45'S). *Marine Pollution Bulletin* 145, 499–507.
- Sabia, G., Petta, L., Moretti, F. & Ceccarellic, R. (2018). Combined statistical techniques for the water quality analysis of a natural wetland and evaluation of the potential implementation of a FWS for the area restoration: the Torre Flavia case study, Italy. *Ecological Indicators* 84, 244–253.
- Saha, S. (2013). Water Quality Assessment of Four Different Wetlands And Its Implication to Climate Change. *International Indexed & Refereed Research Journal, January, VOL-IV * - 40* ISSN 0975-3486, RNI- RAJBIL- 2009-30097.
- Soumaila, K. I., Niandou, A.S., Naimi, M., Mohamed, M., Shimmel, K., Luster-Teasley, S., & Sheick, N.N. (2019). A Systematic Review and Meta-Analysis of Water Quality Indices. *Journal of Agricultural Science and Technology B9* 1-14.
- Troyer, N. D., Mereta, S.T., Goethals, P.L.M. & Boets, P. (2016). Water Quality Assessment of Streams and Wetlands in a Fast Growing East African City. *Water* 8, 123. doi:10.3390/w8040123.
- Turetsky, M.R., Benscoter, B., Page, S. Rein, G. van der Werf, G.R. & Watts, A. (2015). Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. *Nature Geoscience Vol 8*. January.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

