

REVISIÓN DE TIPOS DE SENSORES QUE DETERMINAN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA

Revisión de Tipos de Sensores que determinan las Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua

Cajero Lázaro María Isabel
mcajero10900@alumno.ipn.mx
Hernández Bolaños Miguel
mbolanos@ipn.mx
Herrera Lozada Juan Carlos
jlozada@ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional-Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo

Resumen

En el presente documento se hace una revisión de los sensores existentes utilizados para determinar las características del agua en sus aspectos físico, químico y biológico. El conocimiento y valoración de estas características tiene diversas aplicaciones que abarcan desde los aspectos militares, hasta el cuidado y remediación del ambiente. La diversidad de sensores no sólo radica en la constitución y el funcionamiento de los mismos, sino también en el tipo de contacto que con ella tienen, y en la especificidad o generalidad de sustancias que le evalúan. Esta revisión no pasa por alto las diferencias en costo y la precisión de dichos sensores, pues esto resulta de importancia cuando hay que decidir la utilización de los mismos para el desarrollo de las investigaciones.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable no sólo para el desarrollo de las actividades de la vida moderna [1, 2], sino para la existencia de la vida en general [3]. Es tal su importancia que, debido a su carencia, muchos países atraviesan por crisis sociales y económicas que detienen su desarrollo [4, 5] y además ponen en riesgo la salud de sus habitantes y el equilibrio de sus ecosistemas naturales [6, 7]. Tales problemas están relacionados en mayor o menor medida, con el creciente incremento poblacional, que ejerce una presión cada vez

mayor sobre este recurso y lo impacta en formas muy variadas a través de las diversas actividades del género humano [8].

Actualmente, en el ámbito de la investigación, encontramos una evidente preocupación por el cuidado y uso racional del agua, que se ve reflejada en el constante surgimiento de proyectos de investigación relacionados con dicho recurso, cuyas perspectivas proponen desde aspectos de prevención de los problemas asociados a ella, hasta la restauración de sus características y ciclos naturales, pasando por la optimización en su utilización [6, 8, 9, 10].

Algunas de estas investigaciones centran su atención en determinar la calidad del agua a través de la detección y cuantificación de los elementos y sustancias presentes en dicho medio [11, 12, 13], pues la información recabada por tal aproximación es necesaria para tomar decisiones apegadas a las circunstancias específicas y brindar los elementos necesarios para el consecuente proceso de planeación sobre dicho recurso, ya sea de carácter restaurativo o de utilidad específica [14, 15].

La investigación de estas y otras características exige no sólo diferentes enfoques, sino también, el desarrollo de herramientas capaces de detectar las sustancias identificadas como potencialmente peligrosas [13] y aquellas cuyos efectos nocivos están siendo actualmente descubiertos [16].

Es así, la intención de este documento en brindar un panorama de los sensores existentes utilizados en la determinación de las características físicas, químicas y biológicas del agua, que sirva de apoyo en la selección de los mismos durante la planeación de las investigaciones relacionadas a este recurso.

I. CLASIFICACIÓN DE SENSORES PARA EL AGUA

Los sensores utilizados para medir alguna característica del agua, pueden ser clasificados de diversas maneras [17]. A continuación, presentamos nuestra propuesta de clasificación, basada en las características que consideramos más recurrentes, para determinar los sensores a utilizar en nuestros propios proyectos de investigación.

Clasificación de acuerdo a su constitución y funcionamiento

Esta clasificación toma en cuenta el mecanismo que los sensores utilizan para realizar la detección y la medición de alguna (s) de las características del agua, entre ellos podemos encontrar:

- a) Sensores mecánicos
- b) Sensores físicos
- c) Sensores optoelectrónicos
- d) Sensores ópticos
- e) Sensores térmicos
- f) Sensores magnéticos
- g) Sensores inerciales
- h) Sensores de resonancia
- i) Sensores pizoeléctricos
- j) Sensores de capa delgada
- k) Sensores químicos
- l) Sensores electroquímicos (Fig. 1)
- m) Biosensores (Figura 2)
- n) Sensores bioquímicos
- o) Sensores enzimáticos
- p) Sensores de afinidad
- q) Sensores de laboratorio en un chip

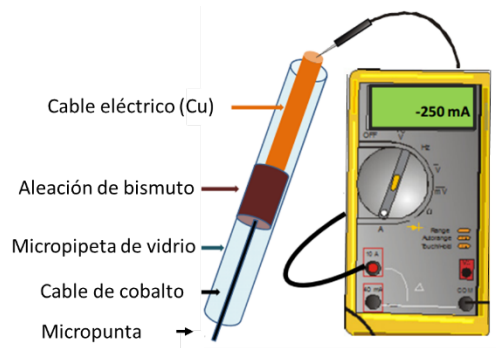


Figura 1: Esquema general de un microelectrodo de fosfato (o sensor electroquímico de fosfato). [17]

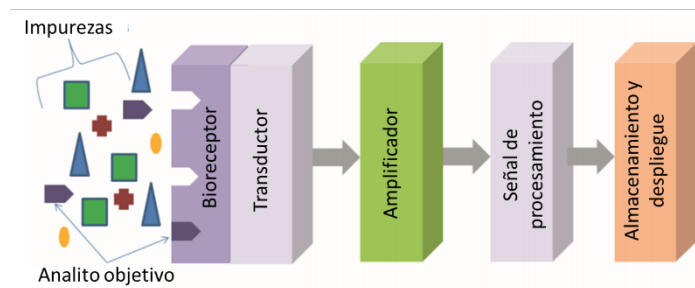


Figura 2: Diagrama esquemático de un biosensor. [17]

Clasificación de acuerdo al contacto que mantienen con el agua

Podría pensarse que, al ser sensores para el agua, necesariamente deben tener contacto con ella, sin embargo, no siempre se toma en cuenta que el tipo de contacto depende también de lo que de ella se pretenda medir. Así, encontramos sensores sumergibles a profundidades que rebasan incluso las dos atmósferas de presión, sensores que requieren de un contacto superficial con ella e incluso de sensores en pleno desarrollo que serán capaces de detectar las sustancias que hay en el agua sin siquiera tocarla.

- a) Sensores sumergibles
- b) Sensores de contacto
- c) Sensores a distancia

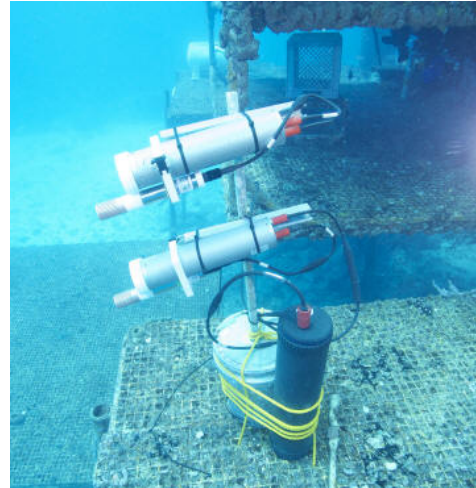


Figura 3: Sensor y analizadores sumergibles Contros. [18]

Clasificación de acuerdo a las sustancias que evalúan

En este grupo se encuentran tanto los sensores que se pueden conseguir de manera individual para detectar una sustancia, elemento específico o característica físico-química, así como las sondas, que son dispositivos que incluyen diferentes sensores integrados en una misma estructura.

Dentro de los sensores individuales tenemos los siguientes [19,]:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| a) Sensor de temperatura | k) Sensor de flúor |
| b) Sensor de pH (Fig. 4) | l) Sensor de flúor |
| c) Sensor de conductividad eléctrica | m) Sensor de fluoroborato |
| d) Sensor de turbidez | n) Sensor de yodo |
| e) Sensor de amoníaco | o) Sensor de litio |
| f) Sensor de bromo | p) Sensor de magnesio |
| g) Sensor de calcio | q) Sensor de nitratos |
| h) Sensor de cloro | r) Sensor de nitritos |
| i) Sensor de cobre | s) Sensor de percloratos |
| j) Sensor de dióxido de carbono | t) Sensor de potasio |

- u) Sensor de plata
- v) Sensor de sodio
- w) Sensor de oxígeno disuelto (Fig. 5)
- x) Sensor de enzimas

Dentro de las sondas, encontramos aquellas que miden parámetros comunes (temperatura, conductividad, pH) más otras características físico-químicas como la turbiedad y la colorimetría del agua, característica que puede estar también relacionada a la presencia de organismos vivos como algas, protozoarios o bacterias. La mayoría de estos sensores pertenecen a la categoría de sensores electroquímicos.



Figura 4: Sensor de pH.
oxígeno disuelto.



Figura 5: Sensor de

II. DISCUSIÓN

Es importante reconocer que tanto el mecanismo, como la precisión de los sensores determinan en gran medida el precio que estos alcanzan, sin embargo, en diversas investigaciones se ha buscado que esto no necesariamente sea así, al menos con respecto a la precisión. Se puede encontrar así, sensores de bajo costo que reportan una precisión aceptable y en algunos casos muy similar incluso a las pruebas de laboratorio aplicadas sobre muestras similares de agua, y también se encuentran sensores altamente especializados y comercializados por empresas muy específicas que alcanzan precios de alrededor de los miles de dólares.

La elección de los sensores adecuados da a la investigación realizada, la robustez necesaria para que los datos recabados puedan ser utilizados con la confianza de su certidumbre. Es por ello que utilizar sensores que pueden ser inadecuados (de acuerdo al planteamiento de nuestro problema), impacta en el replanteamiento de las investigaciones y en el mejor de los casos promueve la creación de nuevos tipos de sensores debido a la incapacidad que tienen los actuales para determinar sustancias o cantidades muy especiales. Conocer la diversidad de los sensores existentes nos brinda de antemano una idea muy general de las aplicaciones que pueden surgir a partir de su uso.

III. CONCLUSIÓN

Resulta evidente que el objetivo de las investigaciones y los recursos asignados a las mismas, determinan en gran medida la selección de los dispositivos que se utilizarán. Sin embargo, también consideramos que la ingeniería en la resolución de problemas es una de las habilidades que más se desarrollan cuando los recursos económicos no permiten la adquisición de equipos costosos. Creemos que esta revisión apoya no sólo en la divulgación de los tipos de sensores que existen para determinar las características del agua, sino también da pauta para que los estudiantes e investigadores interesados exploren nuevos nichos en el desarrollo de esta tecnología.

IV. REFERENCIAS

[1] Hoekstra, A.Y. and M. M. Mekonnen (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. 109 (9), 3232-3237.

[2] Hogeboom, R.J., L. Knook and A. Y. Hoekstra (2018). The blue water footprint of the world's artificial reservoirs for hydroelectricity, irrigation, residential and industrial water supply, flood protection, fishing and recreation. *Advances in water resources*. 113, 285-294.

[3] Chaplin, M. F. (2001). Water: its importance to life. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 29, 54-59.

[4] Jiang, Y. (2009). China's water scarcity. *Journal of Environmental Management*. 90, 3185-3196.

[5] Hofstedt, T. (2010). China's water scarcity and its implications for domestic and international stability. *Asian Affairs: An American Review*. 37 (2), 71-83.

[6] Moore, C. L. and R. D. Rheingans. (2006). Global challenges in water, sanitation and health. *Journal of water and Health*. 4 (S1), 41-57.

[7] van der Molen, M. K., et al. (2011). Drought and ecosystem carbon cycling. *Agricultural and Forest Meteorology*. 151, 765-773.

[8] Sheva, Y. (2014). Water scarcity, water reuse, and environmental safety. *Pure and Applied Chemistry*. 86 (7), 1205-1214.

[9] Ahmed, T., *et al.* (2013). Emerging nanotechnology-based methods for water purification: a review. *Desalination and Water Treatment*. 52, 4089-4101.

[10] García-Montoya, M., *et al.* (2015). Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. *Computers and Chemical Engineering*. 76, 104-116.

[11] Vaseashta, A., *et al.* (2012). Sensors for water safety and security. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 48 (5), 478-486.

[12] Murphy, K., *et al.* (2015). A low-cost autonomous optical sensor for water quality monitoring. *Talanta*. 132, 520-527.

[13] Lin, W. C., Z. Li and M. A. Burns. (2017). A drinking water sensor for lead and other heavy metals. *Analytical chemistry*. 89, 8748-8756.

[14] Lui, S., *et al.* (2015). A real time method of contaminant classification using conventional water quality sensors. *Journal of Environmental Management*. 154, 13-21.

[15] Vahdani, P. (2016). An overview on researches on underwater sensor networks: Applications, current challenges, and future trends. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 6 (3), 955-962.

[16] Radovan, C., *et al.* (2008). Electrochemical sensing and assessment of parabens in hydroalcoholic solutions and water using a boron-doped diamond electrode. *Sensors*. 8, 4330-4349.

[17] Chandra, S. and A. Mason (Ed.) (2013). Smart sensors for real-time water quality monitoring. Palmerston North, New Zealand: Springer.

[18] Symphotic Tii Corporation. (2018). The Contros Undersea Sensors and Chemical Analyzers. Recuperado de: <http://www.symphotic.com/Contros.htm>

[19] Libelium-Waspote. (2018). Smart Water Ions. Technical Guide. V7.2. Recuperado de: http://www.libelium.com/downloads/documentation/smart_water_ions_s