

# Ventajas de la aplicación de test de detección rápida frente a técnicas analíticas clásicas como alternativa académica

## Advantages of the rapid detection test application against classical analytical techniques as an academic alternative

### **Aldana A. Chesta**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María Av. Universidad 450 — XGB5900 Villa María, Cba., Argentina.  
achesta@frvm.utn.edu.ar

### **Romina A. Beltrán**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María Av. Universidad 450 — XGB5900 Villa María, Cba., Argentina.  
rbeltran@frvm.utn.edu.ar

### **Agostina B. Bragas**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María Av. Universidad 450 — XGB5900 Villa María, Cba., Argentina.  
agostinabragas14@gmail.com

### **Camila Bellotti**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María Av. Universidad 450 — XGB5900 Villa María, Cba., Argentina.  
camibellotti@hotmail.com

### **Sofía B. Huerta**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María Av. Universidad 450 — XGB5900 Villa María, Cba., Argentina.  
sofiahuerta@outlook.com

## **Resumen**

Los métodos de detección rápida tienen como ventaja su sencilla aplicación ya que pueden realizarse en el lugar de toma de muestra por ser fácilmente transportable y son cada vez más utilizados en la industria. En la asignatura Química Analítica Aplicada se implementaron dos test, nitratos y cloro residual, en muestras de agua de red. Los alumnos debieron interiorizarse del manejo del producto comercial, planificar y ejecutar las tomas de muestras. Una vez recolectadas, realizaron las determinaciones con apoyo docente. Los resultados obtenidos fueron evaluados teniendo en cuenta los valores límites indicados por OMS y establecidos por CAA para aguas de consumo. Además, fueron comparados a los publicados por una empresa local abastecedora de agua. Como conclusiones se indica que la experiencia les permitió a los estudiantes adquirir habilidades, familiarizarse con nuevas herramientas de uso habitual en la práctica profesional, ampliar y diversificar las experiencias frente a determinaciones analíticas tradicionales.

Palabras clave: técnicas analíticas, aplicación académica, test de detección rápida.

## Abstract

Rapid detection methods have the advantage of their simple application, since they can be carried out in the place of sampling because they are easily transportable and are increasingly used in the industry. In the subject Applied Analytical Chemistry, two tests, nitrates and residual chlorine, were implemented in samples of network water. The students had to learn about the management of the commercial product, plan and execute the sampling. Once the samples were collected, they made the determinations with teachers' support. The results obtained were evaluated taking into account the limit values indicated by the WHO and established by the CAA for drinking water. In addition, they were compared to those published by a local water supply company. As conclusions, it is indicated that the experience allowed students to acquire skills, become familiar with new tools commonly used in professional practice, expand and diversify experiences compared to traditional analytical determinations.

Keywords: analytical techniques, academic application, rapid screening test.

## Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) norma para el nitrato un máximo permitido en aguas de consumo de 50 mg/L para proteger a los lactantes alimentados con biberón contra la metahemoglobinemia y recomienda concentraciones menores a 10 mg/L (OMS, 2013). En tanto que, a nivel nacional, el máximo permitido es de 45 mg/L, según lo indica el Código Alimentario Argentino (CAA), en su capítulo XII dedicado a aguas. La contaminación por nitratos en zonas urbanas es una de las principales causas del deterioro de la calidad del agua subterránea y puede impactar sobre la salud humana a través de enfermedades de origen hídrico. Los nitratos son reducidos a nitritos, y generan una disminución en el transporte de oxígeno en la sangre, especialmente en menores de 6 meses, que pueden sufrir cianosis y síntomas de hipoxia (bajo nivel de oxígeno). La presencia de nitratos en el agua subterránea puede estar asociada principalmente a causas de origen urbano, industrial y rural. Su concentración en aguas subterráneas no contaminadas raramente excede los 10 mg/L. Los efluentes domiciliarios y la actividad agrícola intensiva pueden significar una contribución al deterioro en la calidad del agua, debido a la aplicación de fertilizantes y pesticidas que son transportados al sistema fluvial como contaminantes dispersos (De Miguel-Fernández C., 2006; Perdomo et al., 2020).

Para la determinación de nitratos en aguas naturales y residuales, actualmente, existe una gran variedad de técnicas que se aplican. Se continúa experimentando para mejorar las existentes y para desarrollar nuevas metodologías y procedimientos que permitan asegurar resultados cada vez más confiables. Esto resulta de importancia para los laboratorios que prestan servicios científicos técnicos en materia de agua, debido a que requieren contar con determinaciones analíticas cuyos resultados sean exactos. Con respecto a los diferentes métodos existentes, se tienen los directos, tal como Espectrofotométrico ultravioleta, Electrodo selectivo, y por otro lado los de forma indirecta, que se realizan a través de una especie reducida del ión nitrato, como lo es el método de reducción con ion Cd (Molina Guevara S. J., 2010; Valdez Martínez D., 2013; Rujaimes Cruzata M., 2016).

La técnica de monitoreo espectrofotométrico ultravioleta (UV) mide la absorbancia del nitrato a 220 nm y es adecuada en monitoreo de aguas de bajo contenido de materia orgánica, como aguas naturales sin contaminar y fuentes de agua potable. La materia orgánica disuelta, los agentes tensioactivos y el  $\text{NO}_2^{-1}$  interfieren en tal método (Vives De Andrés J.B., 2003; Rodríguez, C.H., 2007; Vives De Andrés J.B., 2003).

Las técnicas estandarizadas de análisis de nitratos son muy apropiadas para analizar muestras puntuales o discretas, ya que estas se preservan y se llevan al laboratorio para su análisis. Sin embargo, no son adecuadas para el análisis continuo y en el sitio, pues los equipos de laboratorio son grandes, costosos y no pueden llevarse a campo (Hernández-Alpízar, L., 2015).

En el caso del cloro, el CAA en su capítulo XII, establece para agua potable (apta para alimentación y uso doméstico) un mínimo de 0,2 mg/L de cloro residual. Es muy determinante un correcto abastecimiento de agua potable ya sea para el consumo o lavar los alimentos, lo que disminuye la transmisión de enfermedades asociadas con algunos microorganismos. A fines de garantizar la provisión de agua potable para consumo, la misma debe ser sometida a un proceso esencial de desinfección y el cloro ha sido la sustancia más empleada durante el último siglo, para la desinfección de los suministros de agua. Su principal función es destruir o eliminar microorganismos que producen enfermedades, también tiene la capacidad de mejorar la calidad del agua que resulta de la interacción del cloro con el hierro, amoníaco, manganeso, sulfuro entre otros compuestos orgánicos (Zhou et al., 2021). Una medición precisa de la concentración de cloro residual en el agua es de gran importancia ya que éste puede reaccionar con otros productos generando sustancias no deseadas (Li et al., 2021).

La concentración de cloro libre se puede establecer por cromatografía líquida. Ésta técnica requiere el empleo de reactivos y soluciones de referencia para la calibración que necesitan mantenimiento y rellenado, por lo tanto, no es adecuada para realizar un monitoreo continuo, autónomo y de bajo costo (Hoque et al., 2017). Además, se puede determinar por método gravimétrico, amperométrico y espectrofotométrico. También se han informado varios métodos de detección como quimioluminiscencia y fluorescencia (Zhou et al., 2021).

La colorimetría resulta de gran utilidad ya que permite una gestión fácil y en el sitio debido al tamaño de los instrumentos componentes. Además, dietil-p-fenilendiamina (DPD) se ha convertido en el sustituto dominante de la ortotolidina, el cual ha sido reconocido como cancerígeno (Li et al., 2021).

Con el propósito de ampliar y diversificar las habilidades de los estudiantes en técnicas analíticas se ha propuesto familiarizarlos con el uso de métodos de detección rápida, particularmente determinaciones de nitratos y cloro residual en aguas, como una alternativa frente a métodos tradicionales utilizados usualmente en los laboratorios.

La implementación de la experiencia en el contexto de la asignatura Química Analítica Aplicada tiene como objetivo una interrelación de conocimientos que resulte significativo para el aprendizaje del alumno, considerando la necesidad de integrar saberes que adquiere a lo largo de la carrera y durante el cursado de las distintas asignaturas que debe quedar debidamente consolidado, por cuanto al aprobar esta materia habrá alcanzado la titulación intermedia de Técnico Universitario en Química.

La actividad experimental propuesta demanda que el alumno ponga en práctica varias temáticas del programa de la asignatura, entre ellas el muestreo. Los alumnos fueron los que realizaron la toma de muestras de agua con los procedimientos estudiados con anterioridad, para luego ejecutar las técnicas en cuestión. Además, debieron interiorizarse con la normativa relativa a aguas de consumo, atendiendo a los límites máximo y/o mínimos de las sustancias a determinar.

## Desarrollo

El método aplicado para detección rápida de nitratos consiste en una técnica colorimétrica donde los iones nitrato se reducen a iones nitrito que, en solución ácida, forman con el ácido sulfanílico una sal de diazonio. Ésta reacciona con un derivado del ácido benzoico dando un azocolorante amarillo anaranjado de distinta intensidad. La concentración de nitratos se determina semicuantitativamente por comparación visual del color de la solución analizada con la tarjeta colorimétrica, incluida en el contenido del kit (Figura 1). Cabe aclarar, que los colores de la tarjeta se observan a través de una muestra de la misma agua analizada sin el agregado del reactivo, con el objetivo de que factores como la coloración propia de la muestra no afecten la percepción del color. El intervalo de medida y la cantidad de determinaciones se visualiza en la Tabla 1. Para muestras con más

de 150 mg/l de NO<sub>3</sub>-1 deben realizarse diluciones con agua destilada. Este test está diseñado para análisis rápidos y sensibles de cualquier tipo de muestra de agua, por ejemplo: aguas subterráneas, potables, superficiales, de acuicultura, de piscinas, industriales, entre otras, pero no es adecuado para agua de mar.

| Intervalo de medida/ Graduación de la escala colorimétrica | Número de determinaciones |
|--|---------------------------|
| 10 — 25 — 50 — 75- 100 — 125 — 150 mg/l de NOT             | 200                       |

**Tabla 1.** Intervalo de medida y número de determinaciones del kit de nitratos.



**Fig. 1.** a) Contenido del kit. b) Estuche cerrado e instrucciones. c) Tarjeta colorimétrica

En el caso de la detección rápida de cloro libre, el mismo reacciona, en solución débilmente ácida, con dietil-p- fenilendiamina (DPD) dando colorante violeta rojizo. La concentración de cloro se determina semicuantitativamente por comparación visual de color de la solución de medición con las zonas de color de una tarjeta colorimétrica. El intervalo de medida y la cantidad de determinaciones se visualiza en la Tabla 2. Si el color de la solución de medición correspondiera a la tonalidad más oscura de la escala o fuera más intenso aún, deberá repetirse la medición con nuevas muestras diluidas. El test de cloro, está diseñado para análisis rápidos de varios tipos de muestra de agua, por ejemplo: aguas potables, residuales, de la acuicultura, soluciones desinfectantes, entre otras y no es apropiado para agua de mar. (Figura 2).

| Intervalo de medida/ Graduación de la escala colorimétrica                              | Número de determinaciones |
|---|---------------------------|
| 0,010 — 0,025 — 0,045 — 0,06 — 0,08 — 0,10 — 0,15 — 0,02 — 0,03 mg/l de Cl <sub>2</sub> | 400                       |

**Tabla 2.** Intervalo de medida y número de determinaciones del kit de cloro.

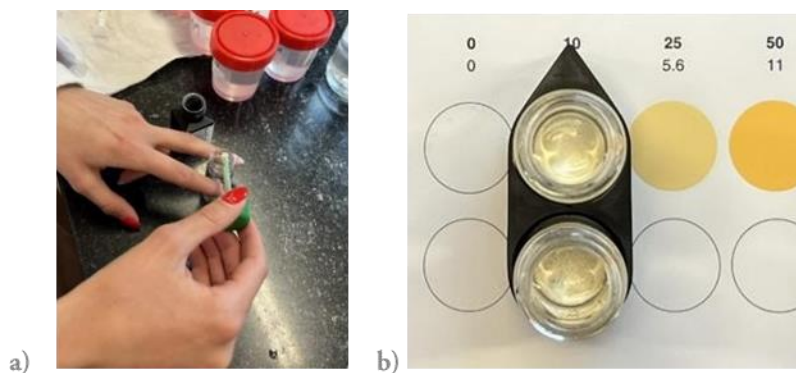


**Fig. 2.** a) Contenido del kit. b) Estuche cerrado e instrucciones. c) Tarjeta colorimétrica

Se analizaron 15 muestras de aguas de red de diferentes puntos de la localidad de Villa María. Las mismas se extrajeron en frascos estériles (por cuestiones de confidencialidad no se menciona en el presente trabajo exactamente los puntos de extracción). Las muestras de agua de red fueron recogidas por los alumnos en los recipientes de acuerdo a las indicaciones generales de recolección: se deja correr libremente el agua durante 2 a 5 minutos, seguidamente se llena completamente el recipiente, sin dejar cámaras de aire, luego se tapa e identifica la muestra. Es importante que las muestras sean tomadas menos de 24 horas antes de realizar la medición. Seguidamente se llevaron a cabo las técnicas de acuerdo a las instrucciones de cada uno de los kits, los cuales conllevan procedimientos muy similares. Los mismos se detallan a continuación.

#### Determinación de nitratos

En primer lugar, se enjuagan varias veces ambos tubos con agua destilada y luego con la muestra a medir. Seguidamente se colocan 5 ml de muestra en cada tubo medidos con la jeringa, uno corresponde al blanco y al otro se le agregan 2 microcucharadas rasas del reactivo  $\text{NO}_3^{-1}$  (en la tapa del frasco, ver Figura 3 a), se cierra firmemente el tubo al que se le agregó el reactivo y se agita vigorosamente durante 1 minuto. Una vez finalizada la agitación, se colocan los tubos de ensayo en el comparador desplazable y se sitúa el comparador sobre la tarjeta colorimétrica tal como lo indica (Figura 1 c). Se deja reposar 5 minutos. A continuación, se desplaza el comparador sobre la escala colorimétrica hasta que, observando por encima de ambos tubos abiertos, los colores coincidan con los de la escala. Se lee en la tarjeta la concentración en mg/l de  $\text{NO}_3^{-1}$  que señala el extremo puntiagudo del comparador desplazable (Figura 3 b). El frasco superior es el que contiene sólo la muestra (blanco) y el inferior es el que contiene la muestra con el reactivo y adquiere la coloración a comparar.



**Fig. 3.** a) *Microcucharada del reactivo* b) *Lectura del contenido de NOT.*

### Determinación de cloro residual

En este caso, para comenzar se enjuagan varias veces ambos tubos con agua destilada y luego con la muestra a medir. Luego se colocan 20 ml de muestra en cada tubo medidos con jeringa, uno corresponde al blanco y al otro se le agrega 1 microcucharada rasa del reactivo  $\text{Cl}_2^{-1}$  (en la tapa del frasco), se cierra firmemente el tubo al que se le agregó el reactivo y se agita vigorosamente hasta que el reactivo se encuentre perfectamente disuelto. Seguidamente, se colocan los tubos de ensayo en el dispositivo desplazable sobre la tarjeta colorimétrica. Se desplaza el comparador sobre la escala hasta que, observando por encima de ambos tubos abiertos, los colores coincidan con los de la escala. Se lee en la tarjeta colorimétrica el valor en mg/l de  $\text{Cl}_2$  que corresponde al color leído (Figura 4). El frasco superior es el que contiene sólo la muestra (blanco) y el inferior es el que contiene la muestra con el reactivo y adquiere la coloración a comparar.



**Fig. 4.** *Lectura de contenido de  $\text{Cl}_2$  en la tarjeta colorimétrica*

### Resultados

Las concentraciones de ambas mediciones se muestran en Tabla 3 para el total de muestras analizadas.

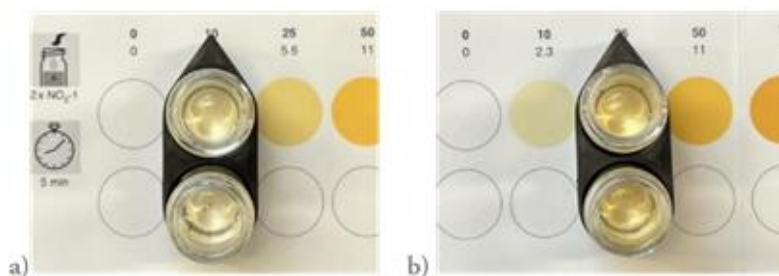
| Muestras | Contenido (mg/l) |                |
|----------|------------------|----------------|
|          | Nitratos         | Cloro residual |
| 1        | 10-25            | 0,20-0,30      |
| 2        | 10               | 0,20-0,30      |
| 3        | 15               | 0,4            |
| 4        | 25               | 0,08-0,1       |
| S        | 25               | 0,06-0,08      |
| 6        | 25               | 0,3            |
| 7        | 10               | 0,3            |



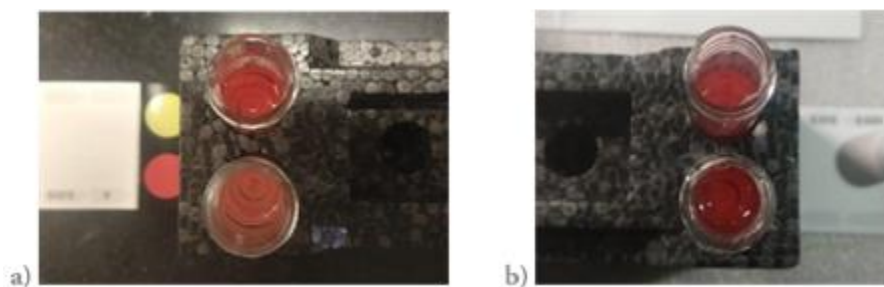
|    |        |      |
|----|--------|------|
| 8  | 10     | 0,3  |
| 9  | 10     | 0,5  |
| 10 | 10 -25 | 0,1  |
| 11 | 25-50  | 0,45 |
| 12 | 10     | 0,3  |
| 13 | 25-50  | 0,3  |
| 14 | 0-10   | 0,2  |
| 15 | 10     | 0,2  |

**Tabla 3.** *Contenido de nitratos y cloro residual en las muestras de aguas de red.*

Al realizar la lectura puede que el color no coincida exactamente con una concentración de la tarjeta colorimétrica, por lo que es válido estimar un valor intermedio entre ambas concentraciones. Apareciendo en la Tabla 3 intervalos de concentración. Por ejemplo, el contenido de nitratos de la muestra 10, debe interpretarse como una concentración algo mayor a 10 mg/l no alcanzando los 25 mg/l. Esto ocurre de igual manera en la determinación de cloro. En la Figura 5 y 6 se exponen fotografías de algunas de las muestras medidas para nitratos y cloro respectivamente.



**Fig. 5.** *a) Medición de nitratos, muestra 2. B) muestra 4.*



**Fig. 6.** *Medición de cloro a) muestra 1 ubicada sobre 0,2 mg/l. B) muestra 1 ubicada sobre 0,3 mg/l.*

Una vez obtenidos los resultados, los alumnos pudieron confrontar los mismos frente a los publicados por la Cooperativa de agua. Dicha institución pone a disposición pública los resultados mensuales de los análisis físico-químicos realizados a las muestras de agua de diferentes puntos de la ciudad. También los mismos fueron comparados con los límites establecidos que las normativas vigentes.

La obtención de resultados de las técnicas aplicadas aun cuando no obligan a contar con significativa destreza en el manejo de elementos de laboratorio de control de calidad, si demanda, para su cabal comprensión e interpretación de resultados, una asociación de conocimientos que el alumno ha ido desarrollando durante el cursado y aprobación de las distintas cátedras de química de los niveles anteriores.

De este modo, el alumno tiene claramente entendido que la obtención de resultados con una metodología sencilla que presenta además la ventaja de su rapidez de aplicación, resultará muy significativo para su desempeño técnico en un laboratorio de calidad de una empresa o institución, y que aun cuando la situación no lo demande puntualmente cuenta con una integralidad de conocimientos que le permite interpretar fehacientemente la validez del resultado alcanzado, las limitaciones o interferencias que podrían afectar la medición y las condiciones que permiten su aplicación. Siendo capaz de discernir acerca de la conveniencia o no de aplicar otras técnicas clásicas que demandaran mayores tiempos, otro tipo de instalaciones y/o equipamiento, para alcanzar el objetivo pretendido.

## Conclusiones

Como principales conclusiones se indica:

La experiencia realizada permitió familiarizar al estudiante con herramientas de uso habitual en la práctica profesional.

Los alumnos han desarrollado nuevas habilidades, potenciando su autonomía de trabajo y generado confianza en el trabajo experimental.

Se alcanzaron nuevos conocimientos relacionados con la interpretación del método, la técnica de toma de muestra, su preparación y posterior ejecución.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los datos publicados por una empresa abastecedora de agua regional y con los límites establecidos por la normativa vigente, permitiendo al alumno determinar si los resultados se encontraban dentro de los valores previstos para el agua de consumo.

Los alumnos han comprendido tanto las ventajas potenciales que presenta del método, así como sus limitaciones para determinadas condiciones de aplicación.

Se vio en la necesidad de analizar y encontrar fundamentos para comprender tales situaciones problemáticas y evaluar posibles alternativas para su resolución.

Pudo evaluarse la conveniencia de utilizar estas técnicas frente a las tradicionales y reconocer la factibilidad o no de aplicación.

Resultó un aprendizaje significativo de conceptos asociados con la temática tratada, que despertó interés en cada uno de ellos.

## Referencias

De Miguel-Fernández C. y Vázquez-Taset Y. M. (2006). "Origen de los nitratos y nitritos y en influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas", *Minería y Geología*, vol. 22, N° 3, 1-9.

FAO/OMS (2002) Los nitratos y nitritos en el agua de consumo. Disponible en <https://goo.gl/gKUIAh> Hernández-Alpizar, L; Coy-Herrera, R. (2015). "Evaluación de técnicas de cuantificación de nitratos en agua potable para análisis en línea". *Tecnología en Marcha*. Vol. 28, N° 4, 86-93.

Hoque, E., Hsu, L.H.H., Aryasomayajula, A., Selvaganapathy, P.R. y Kruse, P. (2017). "Pencil-Drawn Chemiresistive sensor for free chlorine in water". *IEEE Sensors Letters*, 1(4), 1-4.

Rodríguez C.H. (2007). "NiWnio en agua por Espectrofotometría UY". Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Ambiente, Colombia.



Ley 18.284 CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. Capítulo XII. Disponible:  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/fdes/anmat\\_caa\\_capitulo\\_xii\\_aguas\\_actualiz\\_2021-08.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/fdes/anmat_caa_capitulo_xii_aguas_actualiz_2021-08.pdf)

Li, P., Furuta, T. y Kobayashi T (2021). "Micro-particles as interfering substances in colorimetric residual chlorine measurement". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 207, 111279.

Molina Guevara S. J. (2010). "Estandarización de metodos de análisis para la determinación de nitratos, nitritos, compuestos fenólicos y, aceites y grasas utilizados como indicadores de contaminación en aguas naturales y residuales industriales", Thesis (Ph. D Química) Universidad Industrial de Santander, Colombia.

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2013). Guías para la calidad del agua potable. 3 ed.

Perdomo S., Ainchil J.E., Ruiz M. S., Kruse E. E., Walhmann A. (2020). "Problemática de nitratos en el agua subterránea de zonas urbanas• caso de estudio Pergamino-Argentina". *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, número especial, 44-52.

Rujaimes Cruzata M. (2016). "Determinación de iones nitrato, cloruro y cianuro en aguas naturales y residuales empleando electrodos selectivos", Thesis (Ph. D Licenciatura en Química) Facultad de Química-Farmacia Departamento de Licenciatura en Química, Cuba.

Valadez Martínez, D. (2013). Anteproyectos de norma mexicana para la medición de nitritos, nitratos, cromo hexavalente y ortofosfatos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, mediante análisis por inyección en flujo (FIA) acoplado a UV/MS. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Vives De Andrés J.B. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros físicoquímicos y contaminantes marinos. Instituto de Investigaciones marinas y costeras, Colombia.

Zhou, M., Li, T., Zu, M., Zhang, S., Liu, Y. y Zhao, H. (2021). "Membrane-based colorimetric flow-injection system for online free chlorine monitoring in drinking water. *Sensors and Actuator, B: Chemical*, 327, 128905.