

## APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS: CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS POTENCIOMÉTRICOS DE CÓDIGO ABIERTO PARA LA COMPRENSIÓN DEL CONCEPTO DE pH.

**Autores.** Pineda Caro Diana Yícela<sup>1</sup>, Medina Vargas Óscar Julio<sup>2</sup>, Casas Hinestroza José Luis<sup>3</sup>, Vargas Aguilar Edgar Eduardo<sup>4</sup>.  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia<sup>1</sup> [diana.pineda01@uptc.edu.co](mailto:diana.pineda01@uptc.edu.co). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia<sup>2</sup>  
[oscar.medina@uptc.edu.co](mailto:oscar.medina@uptc.edu.co). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia<sup>3</sup> [jose.casas01@uptc.edu.co](mailto:jose.casas01@uptc.edu.co). Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia<sup>4</sup> [edgar.vargas@uptc.edu.co](mailto:edgar.vargas@uptc.edu.co)

**Tema.** Eje temático 1

**Modalidad.** 1. Nivel educativo universitario

**Resumen.** Esta propuesta enfatizar en la metodología de aprendizaje basado en proyectos para construir equipos potenciométricos de código abierto, y facilitar la comprensión del concepto de pH y fortalecer las habilidades metrológicas para la medición de este parámetro. La metodología centra su atención en dos componentes: uno disciplinar, donde se desarrolla un equipo potenciométrico de referencia, y un componente didáctico, donde se implemente una secuencia por ABP. Los avances preliminares han permitido desarrollar un instrumento que garantiza un porcentaje de exactitud que se encuentra entre el 97% al 99% y un porcentaje de pendiente que oscila alrededor del 97%. Se espera que, al implementar el diseño metodológico con estudiantes universitario se comprenda de mejor manera el concepto de pH y se puedan desarrollar habilidades en distintos campos y disciplinas del saber.

**Palabras claves.** Aprendizaje basado en proyectos, pH, código abierto, equipo potenciométrico.

### Introducción

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una estrategia metodológica en la que se busca que los procesos de aprendizaje sean activos, dinámicos y significativos, para ello, el punto de partida son situaciones problémicas que surgen de la cotidianidad. Por lo anterior, este documento tiene por objetivo proponer y evaluar una propuesta basada en proyectos, donde se construyan equipos potenciométricos de código abierto, es decir, empleando un software que puede ser modificado y distribuido sin ningún problema, para comprender el concepto de pH. Caba agregar que esta investigación hace parte del proyecto posgradual denominado: "Implementación de la Redefinición del Sistema Internacional de Unidades en la Enseñanza del Concepto del pH, mediante potencimetría".

Además de facilitar la comprensión del pH, esta propuesta también pretende fortalecer las habilidades metrológicas en su medición. Es de considerar que, aunque el pH es un parámetro químico empleado de manera predominante en el campo científico y, por lo tanto, educativo, su comprensión se ve limitada por el tecnicismo con el que generalmente se enseña, la desarticulación entre lo que se enseña y lo que aprueba la comunidad científica y la desactualización de los libros de texto empleados como guía en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Por lo anterior, esta investigación se desarrolla en marco del paradigma Hipotético-Deductivo, el cual puede ser aplicado a esta investigación tanto en el campo disciplinar, como en el pedagógico y se desarrollará a través de las siguientes fases metodológicas: 1) fase de revisión, 2) fase de construcción de un equipo potenciométrico (piloto) para medir el pH, 3) evaluación de parámetros metrológicos de la medida del pH, 4) diseño e implementación de una secuencia ABP y por último, evaluación de habilidades metrológicas. Los resultados preliminares han permitido identificar la literatura relacionada con

estrategias de enseñanza del concepto de pH e investigaciones relacionadas con la construcción de equipos potenciométricos, las cuales han sido útiles para desarrollar el prototipo piloto de un equipo potenciométrico, el cual presenta gran exactitud y precisión, demostrando, además, un importante alcance para el aseguramiento metrológico de las medidas. Sumado a ello, se espera que, al culminar las fases metodológicas, los participantes presenten un apropiado dominio conceptual sobre la temática en estudio, así como habilidades técnicas para construir equipos de código abierto y para asegurar la calidad en sus medidas.

## Referente Teórico

### Aprendizaje Basado en Proyectos

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) puede definirse como una modalidad de enseñanza y aprendizaje centrada en tareas, un proceso compartido de negociación entre los participantes, siendo su objetivo principal la obtención de un producto final (Hernández, Gómez y Palacios, 2017). Las principales características de éste método implican la construcción del conocimiento, a través del reconocimiento de problemas, la necesidad de investigación para solucionarlos, el trabajo colaborativo y la relación entre estudiantes, docentes y entorno (Barba, Sonllea, and García 2018).

La expansión de las tecnologías digitales y herramientas tecnológicas han favorecido el ABP, debido a la facilidad y rapidez que presentan para acceder a información en diferentes formatos, así como a las posibilidades de comunicación inmediata, contribuyendo por tanto, con la optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje, siempre y cuando el docente sea capaz de incorporarlos en su práctica educativa de la manera más idónea (Hernández et al. 2017).

### Conceptualización del pH

Para la IUPAC (2014) el pH puede definirse en términos de la actividad de iones de hidrógeno en solución:

$$\text{pH} = -\log [a(\text{H}^+)] = -\log [m(\text{H}^+) \gamma_m(\text{H}^+) / m^\circ] \text{ Ecuación (1)}$$

Donde:  $a(\text{H}^+)$  es la actividad del ion hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en una solución acuosa,  $\text{H}^+(\text{aq})$ ,  $\gamma_m(\text{H}^+)$  es el coeficiente de la actividad de  $\text{H}^+(\text{aq})$  (base de molalidad) en la molalidad  $m(\text{H}^+)$  y  $m^\circ$  que es igual a la molalidad estándar:  $1 \text{ mol kg}^{-1}$

La definición teórica de pH según la actividad de los iones de hidrógeno (ver ecuación 1) se basa en el hecho de que el pH se determina con precisión mediante electrodos selectivos de iones sensibles al pH, que, estrictamente hablando, responden a la actividad, o más bien, a los cambios de concentración. Idealmente, el potencial del electrodo (E) de un electrodo sensible al pH sigue la ecuación de Nernst, que para el ion hidrógeno, según Karastogianni et al. (2016), se puede escribir como:

$$E = E' + \frac{RT}{F} \ln(\alpha \text{H}^+) = E' - \frac{2.303RT}{F} \text{pH} \text{ Ecuación (2)}$$

Donde E es el potencial medido, E' es un potencial de electrodo formal (potencial constante del electrodo para  $\alpha \text{H}^+ = 1$  y las condiciones específicas del electrodo/ solución para cada caso), R es la constante del gas, T es la temperatura en Kelvin y F es la constante de Faraday. De ello se deduce que el potencial del electrodo sensible es una función lineal del pH, cuando este último se define en términos de actividad (Karastogianni et al. 2016)

**Lema.**

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en  
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la  
formación de profesores.

### Formación de habilidades metrológicas para medir pH.

La construcción de equipos potenciométricos no solo promueve el perfeccionamiento de instrumentos, los métodos de medición y la explicación de fenómenos naturales, también el desarrollo de habilidades metrológicas en los estudiantes. Según el Centro Español de Metrología (2016) estas habilidades se dividen en: primero, planificación y programación de las mediciones con criterios metrológicos; segundo, obtención de medidas trazables; tercero, evaluación del proceso de medición; cuarto, tratamiento de datos experimentales, tal como se puede observar en el gráfico 1.

Gráfico 1. Habilidades metrológicas.



Fuente: propia.

### Metodología

Esta investigación se origina dentro del paradigma Hipotético-Deductivo, teniendo en cuenta que la metodología empleada es propia de la investigación en ciencias naturales, donde la explicación científica es de naturaleza causa-efecto y consiste en subordinar los casos particulares a las leyes generales; aunque este paradigma se adoptó como modelo de investigación en las ciencias naturales, también se ha aplicado al campo social y educativo. Adicionalmente, esta investigación contará con dos enfoques, uno disciplinar y uno didáctico, para ambos enfoques se emplearán métodos experimentales. Por consiguiente, las etapas metodológicas son las siguientes:

1. Revisión Bibliográfica: Se realizó una búsqueda de literatura en la base de datos *Web of Science*, empleando palabras clave relacionadas con los ejes trascendentales de esta investigación: "Aprendizaje basado en proyectos", "enseñanza del pH" y "equipos potenciométricos"; de igual manera, se realizaron búsquedas complementarias en *Google Scholar*.
2. Construcción del equipo piloto: Para la construcción del equipo potenciométrico de referencia, en cuanto al hardware, se emplearon los siguientes componentes: microcontrolador Arduino nano, conversor de señal analógica a digital, sensor de pH DFROBOT con conector BNC (Bayonet Neill-Concelman), sensor de temperatura y humedad, entre otros elementos indispensables como cable mini USB, equipo de cómputo, protoboard y cables Jumpers

**Lema.**

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en  
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la  
formación de profesores.

Duppont de 20 c.m. En cuanto al software, se empleó la versión 1.8.13 de Arduino, empleando las librerías DTH y WIRE

Para la construcción del equipo, se establecieron unas conexiones especiales, las cuales serán descritas en el siguiente apartado (ver resultados y discusión), posteriormente, se realizó la calibración del equipo, empleando las soluciones referencia del Instituto Nacional de Metrología, las cuales son apropiadas para garantizar mejor trazabilidad metrológica de las medidas de pH.

3. Evaluación de parámetros metrológicos en la medida de pH. Los investigadores realizaron pruebas con este equipo piloto, realizando experimentos caseros y verificando la calibración del equipo potenciométrico de código abierto, exactitud y promedio de medidas.
4. Diseño de la secuencia didáctica ABP: Teniendo en cuenta la prueba piloto del proyecto propuesto para abordar el concepto de pH, los investigadores diseñarán una secuencia didáctica ABP, la cual se ajustará a las condiciones académicas de presencialidad, virtualidad o alternancia, debido a la pandemia de Covid-19. A pesar de ello, la secuencia contará con tres momentos: el primero, de conceptualización; el segundo, de experimentación y el tercero, de análisis y discusión de resultados. Se espera que para el segundo semestre del año 2021 dichas actividades puedan ser implementadas con estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y del programa en Química de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
5. Evaluación de habilidades metrológicas: Posterior a la implementación y desarrollo de la secuencia, se realizará un test, con el fin de evaluar las habilidades metrológicas relacionadas con la medida de pH a través del modelo ABP. A continuación, en el gráfico 2, se define la ruta metodológica de la propuesta.

Gráfico 2: Fases metodológicas.



Fuente. Propia.

## Resultados y discusión

En relación a la primera fase metodológica, se realizó un estudio sistemático para evidenciar estrategias de enseñanza del pH desde la perspectiva del pensamiento científico, identificando 17 documentos, de los cuales 8 fueron interpretados desde

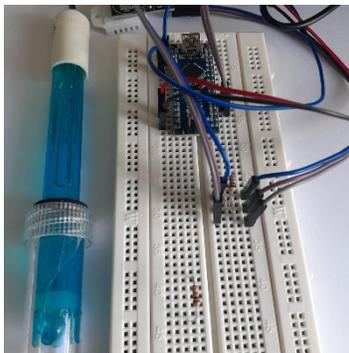
habilidades científicas como, la elaboración de preguntas, hechos, modelos y argumentación. También se realizó una búsqueda de proyectos relacionados con la construcción de equipos potenciométricos, destacando las investigaciones realizadas por Alam (2020); Costa & Fernandes (2019), las cuales enfatizan en la construcción de equipos potenciométricos a bajo costo y con elementos como el Arduino.

En cuanto a la segunda fase, para la construcción del proyecto piloto, se establecieron las siguientes conexiones con los componentes electrónicos:

- Pin A0 con el convertor de señal analógica.
- Pin +5V con la entrada positiva del convertor de señal analógica.
- Pin GND con la entrada negativa del convertor de señal analógica.
- Pin D2 con el sensor DTH22.
- Pin GND con la entrada negativa del sensor DTH22.
- Pin 3V3 con la entrada positiva del sensor DTH22.
- Convertidor de señal analógica con el sensor de pH a través del conector BNC.
- Entrada mini USB de la tarjeta Arduino con la entrada USB del equipo de cómputo.

Cabe agregar que para que el equipo de cómputo pueda interpretar los datos del mundo real, se emplearon librerías de Arduino, de manera que se analizó la variable en estudio: pH. El equipo potenciométrico de código abierto, construido para la enseñanza del concepto de pH, se puede observar en el gráfico 3.

Gráfico 3. Equipo potenciométrico en Protoboard.



Fuente Propia.

**Lema.**

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en  
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la  
formación de profesores.

El proceso de calibración se efectuó empleando las tres soluciones de referencia, adquiridas en el Instituto Nacional de Metrología de Colombia. Para verificar el porcentaje de la pendiente de pH, se tomó como referencia el potencial de las soluciones de 4,0 y 10,0 unidades de pH y se realizó la comprobación con los valores, determinando que el porcentaje de la pendiente del sistema es 97,194, es decir, se encuentra en el rango permitido que va de 80 a 105%. En cuanto al porcentaje de exactitud, también se pudo evidenciar un rango entre el 97% y 99%, lo cual garantiza efectividad en la toma de medidas.

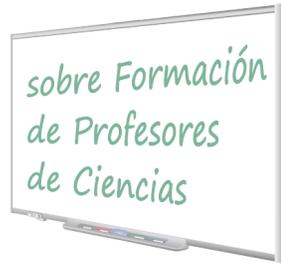
El desarrollo de este instrumento piloto por parte de los investigadores y docentes del área de química de la UPTC, permitirá estructurar una secuencia didáctica basada en ABP para tener una mejor comprensión del concepto de pH, fomentando a su vez habilidades metrológicas en futuros docentes y químicos. Para los investigadores, el proyecto ha generado gran interés puesto que a través de su experiencia reconocen las dificultades para comprender el concepto, incluso concuerdan con Hernández et al. (2017) señalando que esta metodología permite construir conocimiento a través de la interacción con el medio y su propia construcción, de igual manera, el aprendizaje es impulsado por el conflicto cognitivo y la evolución del conocimiento como construcción social. Por otra parte, los avances de esta investigación han permitido reconocer el enfoque interdisciplinar que se puede evidenciar con la construcción de este tipo de equipos, combinando conocimientos sobre química, física, electrónica y programación básica, con la intención de que los estudiantes puedan realizar modificaciones en sus prototipos, incluso establecer diseños personalizados.

### Conclusiones

Los avances preliminares de esta investigación han permitido considerar que la metodología de aprendizaje basado en proyectos, es una estrategia relevante en la educación STEAM, centrando su atención en la construcción de un equipo potenciométrico de código abierto, diseñado con el fin de comprender el concepto de pH, uno de los parámetros químicos más abordados en las ciencias naturales, pero poco profundizado en el contexto universitario. Sumado a ello, se ha diagnosticado la importancia de emplear este tipo de metodologías para la adquisición de habilidades metrológica (especialmente en la medida de pH), habilidades de programación, diseño y construcción de equipos a través del bricolaje, abordando un concepto específico desde distintos campos y disciplinas del saber.

### Referencias bibliográficas

- Alam, M. 2020. "DIY Ph Meter Using PH Sensor & Arduino with OLED Display." Retrieved (<https://how2electronics.com/ph-meter-using-ph-sensor-arduino-oled/#comments>).
- Barba, R., M. Sonllewa, and N. García. 2018. "'Presencia, Participación y Progreso': El Aprendizaje Basado En Proyectos En La Trayectoria de Una Maestra En Formación." *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación Del Profesorado* 21(2):13.
- CEM. 2016. *Formación y Difusión de La Metrología*. España.
- Costa, S., and J. Fernandes. 2019. "Listening to PH." *Journal of Chemical Education* 96:372–76.
- Hernández, Eva, Sonia Gómez, and Domingo Palacios. 2017. "Aprendizaje Basado En Proyectos (ABP): Evaluación Desde La Perspectiva de Alumnos de Educación Primaria." *Revista de Investigación Educativa* 16(3):246–54.
- IUPAC. 2014. "PH." *The IUPAC Compendium of Chemical Terminology*. Retrieved June 16, 2021



Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021  
Modalidad On Line – Sincrónico

Revista *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126.  
**Memorias** del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

**Lema.**

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

---

(<https://goldbook.iupac.org/terms/view/P04524>).

Karastogianni, S., S. Girousi, and S. Sotiropoulos. 2016. "PH: Principles and Measurement." Pp. 333–38 in *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier.