

Diseño de propuesta de capacitación para fortalecer competencias de docentes químicos, utilizando el agua como eje curricular

Yira Araúz Santamaría de Monteza

Universidad de Panamá. Instituto Centroamericano de Administración y Supervisión de la Educación

Ciudad de Panamá, Panamá

yira.arauz@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-7917-9880>

Fecha de recepción: 2 de octubre de 2023

Fecha de aprobación: 29 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.are.n49.a4599>

Resumen

Existe una preocupación por la dificultad en el aprendizaje de la Química, tradicionalmente explicada, por la naturaleza de la disciplina; situación que limita la transposición de los saberes al desarrollo sostenible a los que debe responder la formación docente en la actualidad. Tomando como base la situación planteada este estudio tuvo como objetivo diseñar una propuesta de capacitación para docentes químicos panameños, utilizando el agua como eje estratégico. La metodología consistió primero en identificar áreas que requerían reforzamiento aplicando un pretest con preguntas de selección múltiple sobre el agua, su estructura, aspectos interdisciplinarios, reacciones y determinaciones analíticas con connotaciones ambientales. A partir de los resultados, se diseñó un curso con un enfoque de aprendizaje por refuerzo con guías de lectura, transparencias minimalistas, minivídeos docentes modulares, y aprendizaje por investigación contextualizada con actividades colaborativas, muestreo para evaluación de calidad de aguas, así como práctica de diseño de clases y evaluación entre pares. El diseño se demostró con un piloto integrado por 10 docentes, evaluando mediante encuesta y entrevista. Entre algunas conclusiones se puede señalar que la debilidad en determinaciones químico-analíticas para la evaluación de calidad de aguas fue lo más relevante. Además, los docentes percibieron que el método de aprendizaje por refuerzo e investigación fortaleció sus competencias técnicas, ambientales y didácticas de manera integral.

Palabras clave: química ambiental, competencias docentes, educación para el desarrollo sostenible.

Design of a training proposal to strengthen the skills of chemical teachers, using water as a curricular axis

Abstract

There is a concern about the difficulty in learning Chemistry, traditionally explained by the nature of the discipline, and, currently, because a transposition of knowledge to sustainable development is required. In both senses, teacher training must respond to these challenges. This study aimed to design a training proposal for Panamanian chemical teachers, using water as a strategic axis. The methodology consisted, first, of identifying areas that required reinforcement by applying a pretest with multiple choice questions about water, its structure, interdisciplinary aspects, reactions and analytical determinations with environmental connotations. Based on the results, a course was designed with a reinforcement learning approach with reading guides, minimalist transparencies, modular teaching mini-videos, and contextualized research learning with collaborative activities, sampling for water quality evaluation, as well as practice of class design and peer evaluation. The design was demonstrated with a pilot of 10 teachers, evaluating the teachers' perception through a survey and interview. The weakness in chemical-analytical determinations for the evaluation of water quality was the most relevant. The teachers perceived that the reinforcement learning, and research method strengthened their technical, environmental and didactic competencies in a comprehensive manner.

Keywords: environmental chemistry, teaching skills, education for sustainable development.

Introducción

Desde hace mucho se estudia la dificultad de enseñar y aprender química identificando como causa principal que quien aprende debe desarrollar un *pensamiento multinivel* (Johnstone, 1991; Talanquer, 2011) coordinando simultáneamente ideas a nivel macro (tangible, visible), submicroscópico (moléculas, iones) y simbólico (lenguaje y ecuaciones) en un triplete de abstracción, simbolismo y experiencias de laboratorio, no auténticas, con que se sobrecarga conceptualmente a los estudiantes (Johnstone, 2006).

La deficiencia de herramientas, materiales didácticos y espacios de aprendizaje adecuados para integrar curricularmente el pensamiento multinivel, ha desplazado el equilibrio de esta triada hacia el nivel simbólico, lo que favorece modelos enciclopédicos, memorísticos, transmisivos y, en un bucle del sistema, propicia y refuerza concepciones alternativas de los propios docentes que contradicen explicaciones instruccionales y puntos de vista intuitivos y cotidianos (Kolomuç y Çalık (2012); Mönch y Markic, 2022; Treagust et al., 2000).

Además, se evidencia una deficiencia en el aseguramiento de la calidad de los resultados de aprendizaje de América Latina y el Caribe (ALC). De los 79 países participantes en la prueba *Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes* (PISA, 2018), los países de ALC obtuvieron un promedio inferior a los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en todas las categorías evaluadas. Panamá, específicamente, ocupó la posición número 71 en logros de aprendizaje de comprensión lectora, 75 en ciencias naturales y 76 en matemáticas (Díaz-Pinzón, 2021).

Si un sistema educativo no logra resultados de aprendizajes básicos, cómo puede lograr objetivos más complejos, que le permita al que aprende, hacer frente a los riesgos interrelacionados con el cambio climático, pérdida de la biodiversidad y contaminación ambiental, definidas en conjunto como la triple crisis ambiental planetaria (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2021).

Por otro lado, la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) es el nuevo paradigma de la calidad educativa que lidera la Organización de las Naciones Unidas para Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) con cinco ámbitos de acción prioritarios, entre ellos, el fortalecimiento de las competencias docentes (UNESCO, 2017a), considerando que son cruciales para reestructurar los procesos educativos hacia la sustentabilidad (Rieckmann, 2020).

En este marco, como eje estratégico de formación, integrando los objetivos de desarrollo sostenible y el aprendizaje con pensamiento multinivel, el agua, resulta un tema extremadamente relevante.

En primer lugar, porque es un recurso imprescindible para la vida, ya que forma parte integral de los ciclos biogeoquímicos, los ecosistemas y es un insumo irremplazable en todas las actividades humanas. Aunque su presencia es abundante, ya que representa el 70% de la superficie del planeta, el agua dulce incluye menos del 1% del total y su disponibilidad es heterogénea (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, 2023) y se encuentra bajo presión por la sobreexplotación y contaminación de acuíferos por vertido de aguas residuales sin tratamiento (Organización de Naciones Unidas, 2023). Por lo que, su gestión integral, recuperación, reutilización, y valorización de aguas residuales (UNESCO, 2017b) constituye una de las metas del ODS 6.

En segundo lugar, porque todos los fenómenos macroscópicos observables ecosistémicos son resultado de las propiedades singulares de la molécula del agua (H_2O , 18 g/mol) que se explican desde su geometría molecular (Macale y Ramirez, 2020), y pueden ser evidenciadas mediante experiencias de aprendizaje auténticas, ente ellos los muestreos en campo y las determinaciones químico-analíticas para establecer la concentración de productos contaminantes en acuíferos.

Por lo anteriormente expresado, este trabajo se plantea como objetivo diseñar una propuesta de formación y reforzamiento de competencias técnicas, ambientales y didácticas de docentes químicos de educación media en Panamá, utilizando el agua como eje curricular; para coadyuvar en el cuidado de las fuentes de agua superficiales, con una verdadera

transposición didáctica del pensamiento multinivel requerido para el aprendizaje de la química en un entorno socioambiental (Chevallard, 1991; Flórez y Zuluaga, 2021), previa identificación de debilidades técnico-disciplinares y ambientales, y en el uso de técnicas de aprendizaje emergentes por refuerzo (Fan et al., 2018) e investigación en contexto (King et al., 2008).

Los objetivos específicos están orientados a:

- Identificar las debilidades técnicas y ambientales de los docentes de química de educación media en relación con el agua.
- Diseñar un piloto de capacitación con una filosofía de aprendizaje por refuerzo e investigación.
- Evaluar el diseño e impacto del diseño mediante un piloto de formación.

Metodología

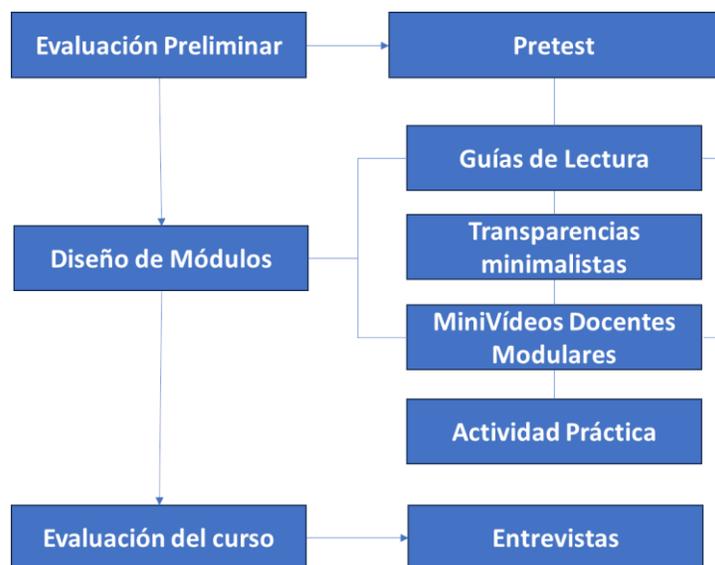
Para la identificación de debilidades técnico-disciplinares y ambientales se preparó una prueba diagnóstica (pretest) para docentes químicos de educación media de todo el país. Participaron 13 docentes, egresados de un programa de especialización en *Didáctica de la Química* (2019).

Con base a los resultados de la prueba, se diseñó el curso con tres módulos, que incluía guías de lectura, transparencias minimalistas, y minivídeos de docentes modulares (Letón et al., 2013), con el propósito de ofrecer un marco de aprendizaje por refuerzo (Fan et al., 2018) gestionados desde un aula virtual en la plataforma Schoology (<https://app.schoology.com/home>). Para cada módulo se diseñó un producto o actividad práctica.

La estructura de este estudio se muestra en la figura 1. El piloto, de ocho semanas, se llevó a cabo con un grupo de 10 docentes participantes del pretest, procedentes de las provincias de Chiriquí, Bocas del Toro, Los Santos, Coclé, Panamá Oeste, Panamá Centro. La evaluación del curso se realizó mediante encuesta en línea y entrevista.

Figura 1

Estructura de la investigación

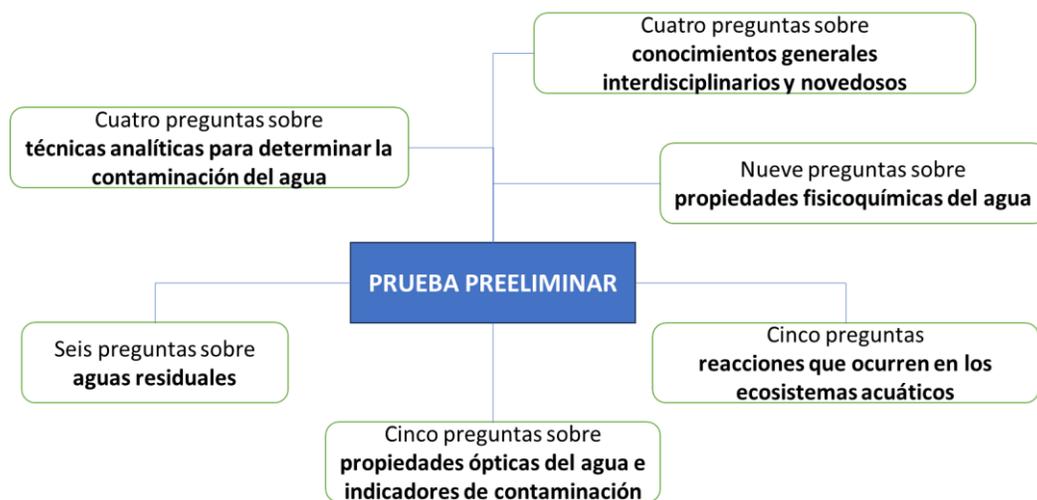


Prueba diagnóstica (Pretest)

La prueba fue confeccionada con 33 preguntas de escoger la mejor respuesta con tiempo controlado (un minuto para responder preguntas simples y cinco minutos para aquellas con problemas de cálculo numérico) y un solo intento para la respuesta. Las preguntas de la prueba se organizaron por grupo: cuatro relacionadas a conocimientos generales interdisciplinarios y novedosos, nueve a propiedades fisicoquímicas que explican fenómenos naturales, cinco a reacciones que ocurren en los ecosistemas acuáticos y su importancia, cinco a propiedades ópticas del agua e indicadores de contaminación, seis de aguas residuales y cuatro de técnicas analíticas para determinar la contaminación del agua (figura 2).

Figura 2

Estructura de preguntas de la prueba preliminar



Preguntas realizadas en el pretest pueden observarse en la tabla 1

Tabla 1

Muestra de preguntas del pretest

<i>N</i>	<i>Pregunta</i>
2	<p>La Tierra vista desde el espacio parece estar fundamentalmente cubierta de agua. ¿Qué porcentaje cree que representa el agua de la superficie terrestre?</p> <p><input type="radio"/> a Representa 70% de la superficie terrestre y menos del 1% de la masa total del planeta</p> <p><input type="radio"/> b Representa 80% de la superficie terrestre y 1% de la masa del planeta</p> <p><input type="radio"/> c Representa 60% de la superficie terrestre y 10% de la masa total del planeta</p> <p><input type="radio"/> d Representa 50% de la superficie terrestre y 5% de la masa total del planeta</p>
3	<p>En el ciclo del agua, ésta se almacena temporalmente en diferentes reservorios, lo que modula la velocidad del ciclo hidrológico global. ¿Cuál es el tiempo de renovación de agua subterránea?</p> <p><input type="radio"/> a Menor a 10 días</p> <p><input type="radio"/> b 20-100 años</p> <p><input type="radio"/> c 100-200 años</p> <p><input type="radio"/> d 1- 6 meses</p>

5	<p>Pregunta 5 (1 punto)</p> <p>De la geometría y enlaces que forma el agua podemos decir</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> a Forma dos enlaces O-H covalentes que adquieren un ángulo de 109.5° debido a la densidad electrónica en torno al oxígeno, adquiriendo una hibridación sp3 <input type="radio"/> b Forma 2 enlaces (O-H) covalentes que adquieren un ángulo de 104.5°, angular, debido a su hibridación sp2 <input type="radio"/> c Forma dos enlaces O-H covalentes que adquieren un ángulo de 104.5° debido a la densidad electrónica en torno al oxígeno, adquiriendo una hibridación sp3 <input type="radio"/> d Forma 2 enlaces O-H polares que adquieren un ángulo de 109.5°, tetraédrica, debido a su hibridación sp3.
6	<p>Pregunta 6 (1 punto)</p> <p>El agua es líquida debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> a El agua es líquida por la formación de puentes de hidrógeno, enlaces muy estables que evitan su evaporación <input type="radio"/> b El carácter transitorio de los puentes de hidrógeno que forma. <input type="radio"/> c El agua es líquida por que las moléculas adquieren un ordenamiento tetraédrico, uniendo el mayor número de moléculas. <input type="radio"/> d El enlace covalente O-H, es 10 veces más fuerte que el O-H de puentes de hidrógeno, lo que permite que el agua sea líquida.
7	<p>Una de las propiedades del agua es su elevada capacidad calorífica, lo que explica que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> a Absorbe poca energía . Por lo que, grandes masas de agua ejercen un efecto regulador termostático del clima <input type="radio"/> b Transfiere mucha energía con pequeños aumentos de temperatura y poca transferencia de masa. <input type="radio"/> c Absorbe gran cantidad de energía para proveer energía cinética suficiente para que las moléculas escapen de la superficie <input type="radio"/> d Absorbe gran cantidad de energía para romper enlaces de hidrógeno
14	<p>La Turbidez del agua es definida como la reducción de su transparencia. Causada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> a La presencia de coloides, y otras partículas disueltas, que absorben la luz y la reflejan en longitudes de onda diferentes <input type="radio"/> b Ninguna de las anteriores <input type="radio"/> c La presencia de sólidos suspendidos, que refractan la luz, mientras sedimentan <input type="radio"/> d La presencia de coloides cargados que se repelen y dispersan la luz en todas direcciones <input type="radio"/> e desconozco / no me acuerdo
23	<p>El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno molecular (O₂) presente en los acuíferos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> a El OD proporciona el mecanismo más importante de depuración anaeróbica natural de agua. <input type="radio"/> b desconozco / no me acuerdo <input type="radio"/> c El OD debe su origen sólo al aire atmosférico que se difunde rápidamente por la turbulencia en los ríos y por el viento. <input type="radio"/> d El OD tiene por origen una fuente biológica, subproducto de la fotosíntesis del fitoplancton <input type="radio"/> e Un nivel óptimo para la vida es de al menos 2mg/L de OD
31	<p>A una muestra de agua de la región de Azuero se le solicita determinar la DBO₅, y se prepara de la siguiente manera:</p> <p>Muestra=#1, volumen de muestra: 10mL, OD_final=2.6mg/L</p> <p>La medida del agua de dilución (blanco) a los cinco días de incubación fue de 7.9mg/L. En todos los casos el volumen de solución de prueba fue de 300mL. Determine, en base a la información proporcionada, la DBO₅ de la muestra.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> a 31.8 <input type="radio"/> b 5.3 mg/L <input type="radio"/> c 0.1766 mg/L <input type="radio"/> d no conozco sobre el tema <input type="radio"/> e 159 mg/L

Módulos de aprendizaje

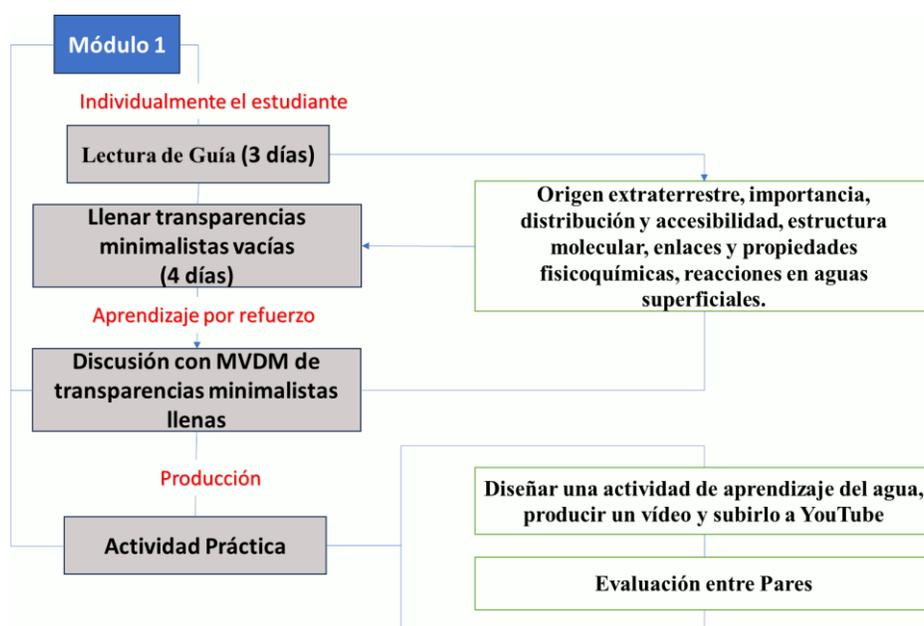
En cada módulo, el participante tuvo como primera actividad la lectura de una guía preparada en la plataforma virtual, provista con imágenes, gráficos y links a vídeos interactivos sobre los temas de interés (3 días). La impresión y llenado de *transparencias minimalistas* referente a esa lectura se realizó con poca o casi ninguna información sobre el tema. Posteriormente, (4 días) la corrección del llenado de esas fichas utilizando *Minivideos Docentes Modulares* con el que el tutor explica paso a paso el llenado y se explica el contenido (Letón et al., 2013).

Módulo 1

La estructura de aprendizaje del módulo 1 se muestra en la figura 3.

Figura 3

Estructura de módulo 1



La **guía de lectura** para el módulo 1 recopiló un detalle de información novedosa sobre el agua, tales como, teorías y evidencias de su origen extraterrestre, importancia social, distribución y accesibilidad en el planeta; su estructura molecular, los enlaces que forma y sus propiedades fisicoquímicas únicas; revisión de reacciones químicas que se producen en aguas naturales y que constituyen el marco de los procesos implicados en el control y tratamiento tecnológico de Aguas Residuales. (Véase la figura 4)

Figura 4

Guía de lectura para el Módulo N°1

Como producto final, el participante debió diseñar una clase demostrativa en relación con las propiedades del agua, utilizando la estructura de pensamiento multinivel, y luego producirla en un vídeo que debió subir a YouTube. La evaluación de la producción del participante fue evaluada mediante la técnica *Entre Pares* (P2P, *peer to peer* en inglés) por al menos tres de sus compañeros, anónimamente, con rúbrica y opinión justificada (tabla 2).

Tabla 2

Criterios de evaluación entre pares (P2P)

<i>Aspectos</i>	<i>Criterios</i>	<i>Calificación*</i>			
		<i>4</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>1</i>
Objetivo alcanzado	Se entiende claramente desde el inicio de la clase				
Creatividad	Recursos didácticos atractivos que captura la atención.				
Planteamiento pedagógico	La metodología facilita la comprensión de los contenidos.				
Información desplegada	Trata la información necesaria				

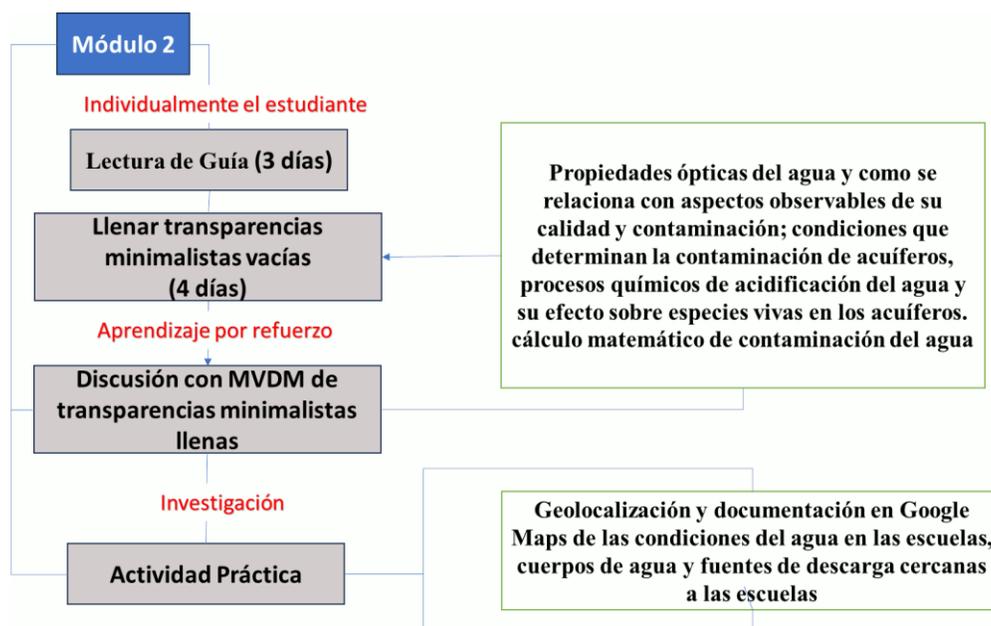
(*) 4-Excelente; 3-Bien; 2-Satisfactorio; 1-Debe Mejorar

Módulo 2

La estructura de aprendizaje del módulo 2 se encuentra en la figura 5.

Figura 5

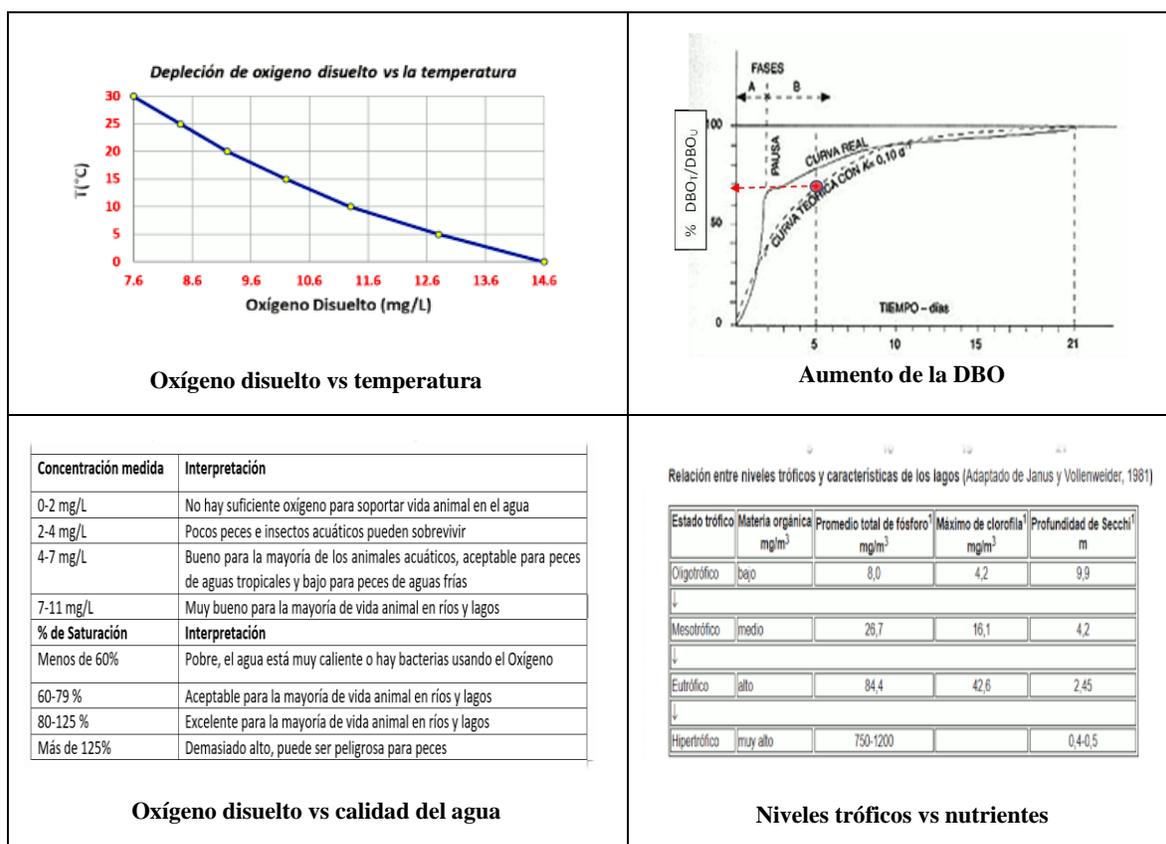
Estructura de módulo 2



En la Guía N°2 se presenta información y datos que le permiten al docente caracterizar el estado de calidad de agua si realiza un muestreo en campo, por ejemplo, la concentración de Oxígeno disuelto y su depleción en función de la temperatura. Así también, cómo se caracteriza y calcula matemáticamente la contaminación del agua por la depleción del oxígeno disuelto consumido, ya sea por la presencia de material biodegradable o refractario (DBO5 o DQO), nutrientes, metales, entre otros. (Figura 6).

Figura 6

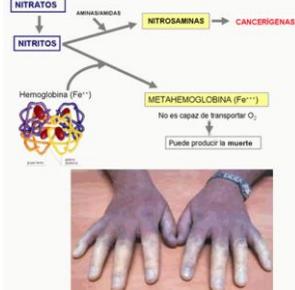
Contenidos de la Guía de lectura 2-Parametros de la Calidad del Agua



También se revisaron las implicaciones ambientales (figura 7) de esta contaminación, por ejemplo, afectación de bioindicadores de la acidificación de aguas, como el blanqueamiento de corales y enfermedades por consumo de agua contaminada con nitratos (NO₃⁻) como la metahemoglobinemia que se evidencia con la pigmentación azul de la piel.

Figura 7

Contenidos de la Guía de lectura 2-Parametros de la Calidad del Agua

<i>a) Acidificación de Aguas</i>	<i>b) Nitrificación de hemoglobina</i>
$\text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(\text{ac}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{NH}_4^+ + 3/2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^-$ <hr/> $\text{NH}_4^+ + 2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$
<p style="text-align: center;">Fenómeno de Blanqueamiento de Corales</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div>	<p style="text-align: center;">Metahemoglobinemia</p> 

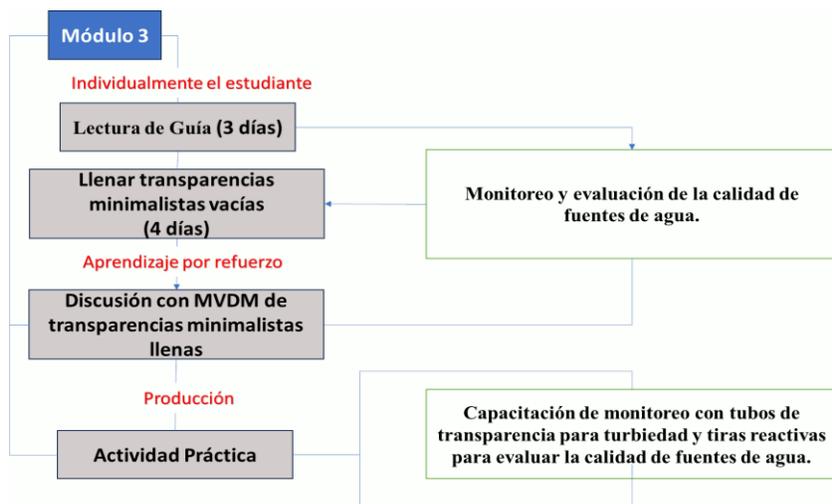
Como producto práctico de este módulo, se solicitó a los docentes producir información sobre el entorno escolar en un mapa colectivo de Google

Módulo 3

La estructura de aprendizaje del módulo 3 se encuentra en la figura 8.

Figura 8

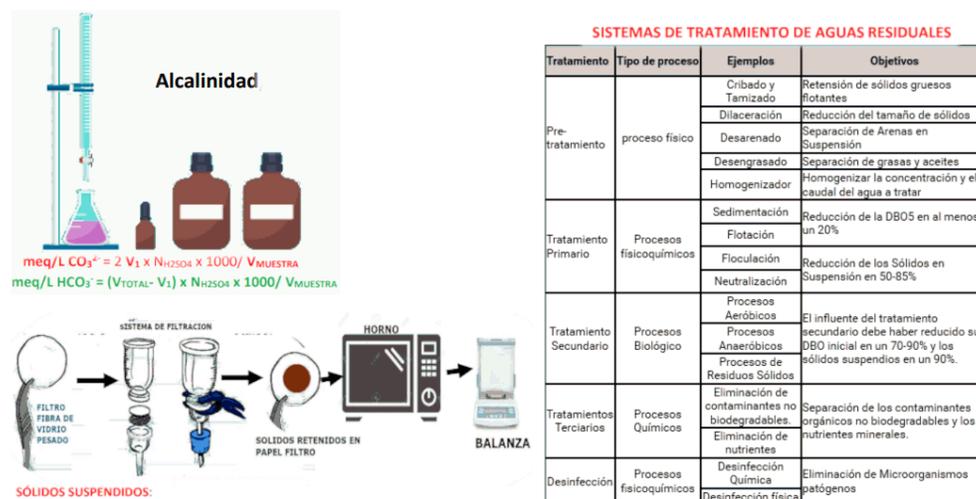
Estructura de módulo 3



La guía para el desarrollo de este módulo busca revisar los métodos analíticos de parámetros típicos que permiten el control de acuíferos y los métodos de tratamiento de aguas, información conjunta que facilita el diseño de ensayos de tratabilidad (Figura 9).

Figura 9

Contenidos de guía del módulo 3. Ensayos de monitoreo y ensayos de tratamiento de aguas



Como producto práctico del módulo 3 se realizó un trabajo de campo (Figura 10), en el que mediante muestreo se pudo medir la calidad de agua, la turbiedad (usando tubos de transparencia) (Dahlgren et al., 2004; Thatoe et al., 2019), tiras reactivas y pruebas para otras mediciones (pH, nitritos-nitratos, dureza, entre otros).

Figura 10

Vistas de las prácticas de monitoreo en campo



Evaluación final: Los 10 participantes evaluaron mediante encuesta en línea de opción múltiple: totalmente de acuerdo, parcialmente, totalmente en desacuerdo, sobre materiales y recursos (guías, MVD, actividades complementarias), y sobre el impacto que proyectan para su comunidad educativa. También grabaron sus opiniones sobre el piloto.

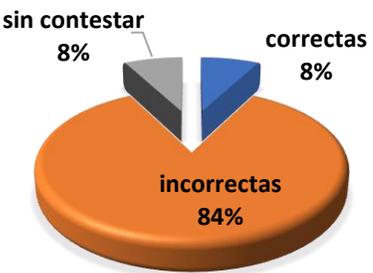
Resultados, análisis y discusión

Prueba diagnóstica

Los resultados del pretest (13 participantes) demuestran que los docentes tienen poca formación interdisciplinaria en el tema del agua, por ejemplo, tipos de reservorios, distribución y renovabilidad de aguas subterráneas (Tabla 3).

Tabla 3

Preguntas sobre aguas residuales y mediciones analíticas

<i>Pregunta</i>	<i>Resultados</i>								
Pregunta # 3: El agua se almacena temporalmente en diferentes reservorios, lo que modula la velocidad del ciclo hidrológico global. Cuál es el tiempo de renovación de aguas subterráneas	 <table border="1" style="margin: auto;"> <caption>Resultados de la Pregunta # 3</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sin contestar</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>correctas</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>incorrectas</td> <td>84%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	sin contestar	8%	correctas	8%	incorrectas	84%
Categoría	Porcentaje								
sin contestar	8%								
correctas	8%								
incorrectas	84%								

En las respuestas a preguntas de carácter disciplinar se observan las mayores fortalezas de los participantes. Sin embargo, en preguntas sobre fenómenos observables que se sustentan en las características y propiedades del agua se aprecia dificultad en la interpretación. Casi el 50% de los docentes dio una respuesta equivocada, por ejemplo, en cuanto a la densidad del agua (tabla 4).

Tabla 4

Elección a la pregunta sobre densidad anómala del agua ¿cuándo es más densa el agua?

<i>Elecciones posibles</i>	<i>frecuencia</i>
R ₁ : Es la misma sustancia, en todas sus fases tienen la misma densidad	2
R ₂ : Como agua caliente, ya que a mayor temperatura las moléculas tienen mayor energía cinética	3
R ₃ : Cuando es hielo (0°C) ya que en el estado sólido las moléculas se encuentran más cerca	1
(*) Cuando el agua líquida está fría (4°C) las moléculas están más juntas	7

Nota: (*) Respuesta correcta.

En el tema de *equilibrio químico* se observan resultados similares. Al razonamiento sobre el CO_2 (g) al disolverse en fuentes de agua [CO_2 (g) + H_2O \rightarrow $\text{H}_3\text{CO}_3(\text{ac})$ \rightarrow $\text{HCO}_3^-(\text{ac})$ \rightarrow $\text{CO}_3^{2-}(\text{ac})$], el 15% de las respuestas implica un desconocimiento de los distintos factores que afectan el equilibrio químico, pero casi el 50% desconoce que organismos como corales y los crustáceos requieren de carbonato (CO_3^{2-}) disponible para formar su exoesqueleto, que disminuye con el aumento en la acidez debido al aumento de CO_2 (g) atmosférico que se disuelve en el agua de los océanos (tabla 4).

Tabla 4

Elección de repuestas sobre equilibrio químico

Elecciones posibles	frecuencia
R1: La prevalencia de ese equilibrio es una función exclusivamente dependiente de la temperatura.	2
R2: En los ríos preferentemente se mantiene la especie de Carbonato, de ahí que el pH del agua sea cercano a 7	4
(*) R3: Afecta en los océanos a una variedad de organismos utiliza el CO_3^{2-} para formar su exoesqueleto.	7

Nota: (*) Respuesta correcta.

En cuanto a las preguntas sobre aguas residuales y mediciones analíticas, que implican conocimientos, experticia técnica y cálculos matemáticos, solo uno de los 13 participantes contestó de manera correcta las preguntas, y del 93% restante entre el 69% y el 84% respondieron que no conocían sobre el tema (Tabla 5). Estos resultados implican que no se ha profundizado suficiente en la formación de los docentes en química analítica, y de química analítica ambiental en particular, por lo que si no se fortalecen estas competencias no estarán en capacidad de abordar problemas de contaminación en sus comunidades, más aún, propiciarán concepciones alternativas como señalaban Treagust et al. (2000), Kolomuç y Çalık (2012) y Mönch y Markic (2022) en sus prácticas educativas.

Tabla 5

Preguntas sobre aguas residuales y mediciones analíticas

Pregunta	Resultados												
<p>Pregunta # 31: A una muestra de agua de la región de Azuero se le solicita determinar la DBO5, y se prepara de la siguiente manera: Muestra=#1, volumen de muestra: 10mL, OD final=2.6mg/L La medida del agua de dilución (blanco) a los cinco días de incubación fue de 7.9mg/L. En todos los casos el volumen de solución de prueba fue de 300mL. Determine en base a la información proporcionada la DBO5 de la muestra.</p>	 <table border="1"><caption>Data from the pie chart for Question #31</caption><thead><tr><th>Response Category</th><th>Color</th><th>Relative Size</th></tr></thead><tbody><tr><td>no conozco sobre el tema...</td><td>Grey</td><td>Largest (approx. 70%)</td></tr><tr><td>correct...</td><td>Blue</td><td>Small (approx. 15%)</td></tr><tr><td>incorrecta S...</td><td>Orange</td><td>Small (approx. 15%)</td></tr></tbody></table>	Response Category	Color	Relative Size	no conozco sobre el tema...	Grey	Largest (approx. 70%)	correct...	Blue	Small (approx. 15%)	incorrecta S...	Orange	Small (approx. 15%)
Response Category	Color	Relative Size											
no conozco sobre el tema...	Grey	Largest (approx. 70%)											
correct...	Blue	Small (approx. 15%)											
incorrecta S...	Orange	Small (approx. 15%)											

Producción didáctica- Diseño y producción de clase.

Como parte de los productos, cada participante desarrolló vídeos de clases demostrativas acerca de las propiedades del agua. Estos trabajos fueron colgados y compartidos en YouTube, como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6

Preguntas sobre aguas residuales y mediciones analíticas

Participante	Vídeo
P1	https://www.youtube.com/watch?v=enVcovogGm8
P2	https://www.youtube.com/watch?v=LKIGKVyWQSU
P3	https://youtu.be/wIoZhES9IQ8
P4	https://www.youtube.com/watch?v=dNwUU8rQo8w&t=1s
P5	https://www.youtube.com/watch?v=-g-AMQhSI-8&feature=youtu.be
P6	https://www.youtube.com/watch?v=gn7ydgtpiU
P7	https://www.youtube.com/watch?v=FArJo8iDVXE
P8	https://www.youtube.com/watch?v=b011KPghQkE&feature=youtu.be
P9	https://youtu.be/5Jnj8sm7R5E
P10	https://www.youtube.com/watch?v=IuPPMgHjOGg

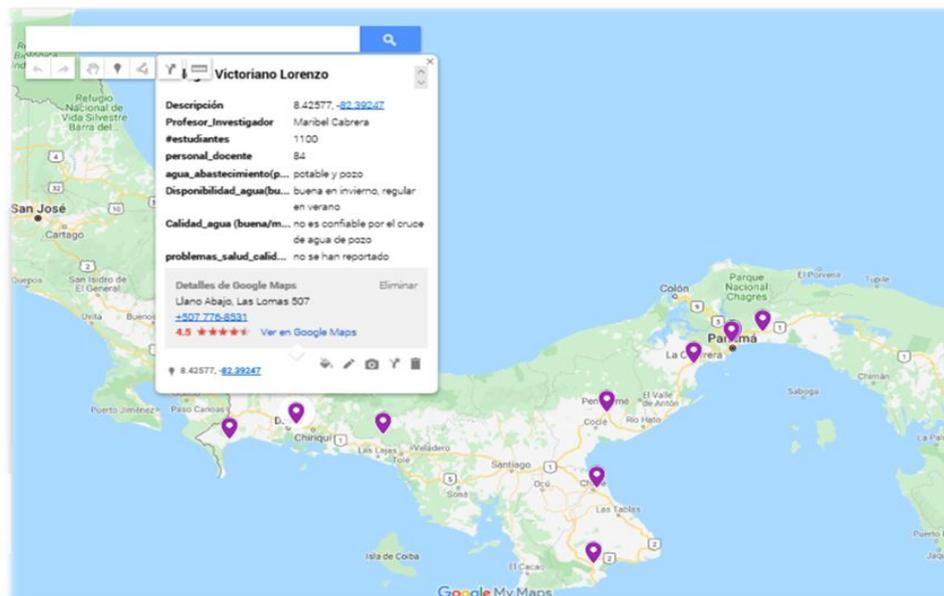
De la aplicación de la técnica de evaluación *Entre Pares* (P2P), tres a cuatro participantes de manera individual y anónima evaluaron hasta tres vídeos diferentes al suyo. De los resultados obtenidos, pese a la rúbrica utilizada, se desprende que hay un dejo de subjetividad introducida por la zona de confort de los pares académicos que afecta de manera importante la calificación de buenas propuestas o por el contrario da beneplácito a desarrollos menos exhaustivos. Es importante, introducir talleres de capacitación de evaluación.

Actividades colaborativas

Los docentes geolocalizaron sus escuelas en mapa de Google y documentaron las características (nombre de la escuela, nombre del profesor participante, número de estudiantes, personal docente, disponibilidad y calidad de agua en la escuela, episodios de contaminación) como se observa Figura 11.

Figura 11

Mapa colaborativo de escuelas de participantes



Evaluación del piloto

El resultado de la encuesta a los docentes practicada vía internet en formulario Google drive (<https://docs.google.com/forms/d/1ea9n-upjcPrfMWDiLYH1hmM90BDHmccP-Cpye5mShBM/edit#responses>) refleja que el 100% de los profesores se mostraron “totalmente de acuerdo” con la calidad y coherencia de los materiales producidos para el curso, así como el uso de minivídeos (MVDM) como herramienta de refuerzo, significativas y beneficiosas para el aprendizaje. Nueve (9/10) docentes están totalmente de acuerdo que las actividades de geolocalización, muestreo y mediciones de las fuentes de agua en la contextualización de los aprendizajes.

En la encuesta, con respecto a una segunda fase de fortalecimiento de competencias docentes para evaluar que realmente se alcanza un impacto a nivel de aula y de escuela, de acuerdo con la información de cada participante sobre grupos y estudiantes que generalmente administran y de otros docentes que consideran que tentativamente podrían incorporar de manera interdisciplinaria como parte del proyecto, se estableció que se podría impactar de manera directa a una población de 1127 estudiantes y 41 docentes, en promedio 110:1 estudiantes/docente y 4:1 docente/ docente capacitado. (Tabla 7).

Tabla 7

Población impactada con el proyecto por participante

Población	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅	P₆	P₇	P₈	P₉	P₁₀	total
Estudiantes	90	180	104	20	125	80	100	150	158	120	1127
Docentes	3	3	4	2	2	10	3	5	5	4	41

Conclusiones

El uso de pretest permitió identificar las debilidades de carácter disciplinar e interdisciplinar para el diseño del curso con un enfoque de adquisición de competencias multifocales y relevantes sobre la gestión del agua. Se considera que se ha logrado desarrollar una propuesta de formación para fortalecer las competencias de docentes químicos de educación media, para que sean capaces de diseñar y evaluar clases de química utilizando el agua como eje curricular.

Se percibe que el piloto logró cambiar la perspectiva experiencial de los docentes que están ávidos de implementar la transposición didáctica. Sin embargo, debido a las debilidades técnicas (química analítica ambiental) se requiere de una segunda fase del proyecto que permita el acompañamiento de los docentes en la implementación de prácticas de monitoreo de fuentes de aguas superficiales, evaluación de resultados de contaminación y difusión de resultados interescolares como parte de su producción a nivel de aula.

Agradecimiento

Se agradece a la Secretaria Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá por el financiamiento del Proyecto MoPET del que el Piloto formó parte.

Referencias

- Banco Bilbao Vizcaya Argentaria. (21 de abril de 2023). *Cuánta agua potable le queda al planeta*. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/cuanta-agua-potable-le-queda-al-planeta/>
- Chevallard, Y. (1998). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. AIQUE grupo editor. https://www.terras.edu.ar/biblioteca/11/11DID_Chevallard_Unidad_3.pdf
- Dahlgren, R., Nieuwenhuys, E., y Litton, G. (2004). Transparency tube provides reliable water-quality measurements. *California Agriculture*, 58(3), 149-153. <https://doi.org/10.3733/ca.v058n03p149>
- Díaz-Pinzón, J. E. (2021). Análisis de los resultados de la prueba PISA 2018 en matemáticas para América. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 33(1), 104-114. <https://doi.org/10.33975/riug.vol33n1.463>

- Fan, Y., Tian, F., Qin, T., Li, X. Y., y Liu, T. Y. (2018). Learning to teach. *arXiv preprint arXiv:1805.03643*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1805.03643>
- Flórez, D. J. L. y Zuluaga, C. P. N. (2021). Triplete químico y formación profesional profesoral: una propuesta para contextos socioambientales diversos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 3267-3273.
- Johnstone A. H. (1991). Why Is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7 (2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry education research and practice*, 7(2), 49-63. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2006/rp/b5rp90021b>
- King, D., Bellocchi, A. y Ritchie, S.M. (2008). Making Connections: Learning and Teaching Chemistry in Context. *Res Sci Educ* 38, 365–384 <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9070-9>
- Kolomuç, A. y Çalık, M. (2012). A comparison of chemistry teachers' and grade 11 students' alternative conceptions of rate of reaction'. *Journal of Baltic Science Education*, 11(4), 333-346. <https://hdl.handle.net/11494/3691>
- Letón, E., Luque, M., Molanes, E. M., y García, T. (2013). ¿Cómo diseñar un MOOC basado en mini-vídeos docentes modulares. <http://goo.gl/n5AUik>.
- Macale, A. M., y Ramírez, H. J. M. (2020). Incorporating Technology on a Chemistry Curriculum Material for Molecular Geometry. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 54 (4), 314-328.
- Mönch, C., y Markic, S. (2022). Exploring Pre-Service Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. *Education Sciences*, 12(4), 244. <https://doi.org/10.3390/educsci12040244>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017a). *Education for Sustainable Development Goals - Learning Objectives*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423/PDF/252423spa.pdf.multi>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017b). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas: Las aguas residuales: el recurso desaprovechado, resumen ejecutivo*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO). https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_spa/PDF/247552spa.pdf.multi
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2020). *Educación para el Desarrollo Sostenible: Hoja de ruta*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374896/PDF/374896spa.pdf.multi>

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2021). *Hacer las paces con la naturaleza. Plan científico para hacer frente a las emergencias del clima, la biodiversidad y la contaminación Mensajes clave y resumen ejecutivo*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/34949/MPN_ESSP.pdf
- Rieckmann, M. (2020). Competencias de educación para el desarrollo sustentable para educadores: Perspectivas de un proyecto internacional. En Quiroz Posada, R.E. y Rieckmann, M. (eds.). *Competencias en la educación superior: experiencias investigativas y enfoques innovadores* (143–156). Institución Universitaria de Envigado. Institución Universitaria de Envigado. <https://www.researchgate.net/publication/348907010> Competencias de educación para el desarrollo sustentable para educadores
- Thatoe Nwe Win, T., Bogaard, T., y van de Giesen, N. (2019). A low-cost water quality monitoring system for the Ayeyarwady River in Myanmar using a participatory approach. *Water*, 11(10), 1984. <https://doi.org/10.3390/w11101984>
- Talanquer V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet", *Int. J. Sci. Educ.*,33(2), 179–195
- Treagust, D., Nieswandt, M., y Duit, R. (2000). Sources of student's difficulties in learning Chemistry. *Educación química*, 11(2), 228-235.