



Laboratorio de medio ambiente «e-lab»: ODS 4 y 6 a través de tecnologías emergentes

Environmental Laboratory «e-lab»: SDG 4 and 6 through Emerging Technologies

Marisol Lopera-Pérez, Mónica Eliana Cardona Zapata, María José Gallego Orozco
Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
marisol.loperap@udea.edu.co, meliana.cardona@udea.edu.co, mjose.gallego@udea.edu.co

RESUMEN • Este artículo describe un laboratorio de medio ambiente, justicia social y sostenibilidad en educación que busca crear diferentes experiencias sobre temas ambientales relevantes para el contexto colombiano, e incorporarlo en procesos de formación de profesores de ciencias. Se presenta una experiencia sobre problemáticas asociadas al recurso hídrico y vinculada a los objetivos de desarrollo sostenible 4 y 6, con el propósito de caracterizar competencias para la sostenibilidad en futuros profesores mediante el diseño de microclases que se apropian de tecnologías emergentes (TE), como la realidad virtual y la realidad aumentada. Los resultados dan cuenta de competencias como pensar holísticamente, imaginar el cambio y lograr la transformación, así como de la apropiación de las TE por parte de los participantes. Finalmente, se discuten recomendaciones para la formación inicial de profesores de ciencias.

PALABRAS CLAVE: Medio ambiente; Justicia social; Sostenibilidad; Tecnologías emergentes; ODS.

ABSTRACT • This paper describes the laboratory «e-lab» about social justice and sustainability in education, which aims to create different experiences about relevant environmental issues in the Colombian context for preservice science teachers. This paper presents an experience about water resources problematics whose main goal is to contribute to the development of the competencies for sustainability linked with SDGs 4 and 6 by means of emerging technologies (ET) such as virtual reality and augmented reality. Findings give an account on competencies like thinking holistically, envisioning change, and achieving transformation, as well as aspects related to the appropriation of ET by the participants. Finally, recommendations for science teachers training are discussed.

KEYWORDS: Environmental laboratory «e-lab»; Social justice; Sustainability; Emerging technologies; SDG.

Recepción: mayo 2020 • Aceptación: marzo 2022 • Publicación: noviembre 2022

INTRODUCCIÓN

Las dinámicas sociales y culturales de la actualidad, además de la innegable crisis de los sistemas ambientales, requieren una mirada desde múltiples perspectivas para favorecer la comprensión de los fenómenos latentes y emergentes. Asimismo, es relevante visibilizar las formas particulares en que se establecen las relaciones entre el ser humano y la naturaleza como el resultado de tensiones históricas. Estas nuevas miradas involucran directamente a los procesos educativos, puesto que son espacios desde donde se debe favorecer una educación crítica, democrática, participativa e inclusiva. Particularmente, Medellín (Colombia) representa un contexto complejo, cuyo crecimiento económico y demográfico ha modelado los ecosistemas circundantes, pese a ser reconocido, además, como un escenario con una proyección vinculada al desarrollo tecnológico y la innovación.

Sin embargo, los ciudadanos de Medellín, desde los microescenarios comunitarios (escuela y barrio), necesitan fortalecer sus conocimientos sobre el medio ambiente y contribuir a la transformación de la ciudad mediante procesos educativos reflexivos para la resolución de los problemas ambientales. Así que se plantea el «e-lab» como un proyecto que vincula la justicia social y la sostenibilidad a la educación. Cabe aclarar que no se trata de la proyección de un laboratorio como un lugar, puesto que se busca crear experiencias de formación sobre temas ambientales para diferentes escenarios educativos, para diversos grupos de personas y sobre temas relevantes.

En particular, reportamos una experiencia para profesores de ciencias en formación inicial, relacionada con la gestión y educación para la protección del recurso hídrico. Este tema ha sido de recurrente interés investigativo en educación ambiental (Cardona et al., 2013; Lopera-Pérez et al., 2019; Lopera-Pérez y Cardona, 2019). Así que, en esta oportunidad, la experiencia se vincula con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 4 y 6, con el propósito de caracterizar las diferentes competencias para la sostenibilidad en futuros profesores a través del diseño de microclases que aprovechan las tecnologías emergentes (TE) como la realidad virtual y la realidad aumentada (RV-RA).

MARCO TEÓRICO

El «e-lab» está planteado en el marco de las relaciones conceptuales entre la justicia social y la sostenibilidad desde la perspectiva de las competencias y los ODS para los profesores de ciencias en formación inicial. En primer lugar, es preciso mencionar que en la literatura se pueden ubicar tres concepciones de justicia social que coexisten en la actualidad: como redistribución (Nussbaum, 2006; Sen, 2010), como reconocimiento de los derechos sociales y como participación (Fraser y Honneth, 2003).

Particularmente, durante las últimas décadas (1990-2020), la justicia social ha cobrado importancia debido al abordaje de temáticas como la igualdad de posiciones y de oportunidades, la cuestión de la pobreza, los derechos laborales, sindicales y de las minorías, por tratarse de necesidades cada vez más apremiantes en las construcciones sociales para los organismos internacionales gubernamentales y no gubernamentales, y por ser el resultado de las políticas del librecambio. Otros autores destacan la justicia social desde las capacidades humanas (Nussbaum y Mosquera, 2012; Sen, 2010) y los derechos de las clases sociales más allá de la distribución de la riqueza (Walzer, 2011).

Cabe resaltar que en los últimos años algunos autores (Calabrese y Upadhyay, 2010; Calvo et al., 2017) han fortalecido una línea de investigación donde se vincula la enseñanza de las ciencias con la justicia social. Para el caso de la educación en ciencias, Dimick (2012) considera que este es un tema pendiente, el cual, especialmente en la formación de docentes, brinda elementos para asumir los cambios sociales que se perciben y experimentan desde la escuela. Además, enseñar ciencias desde la justicia social permite repensar los procesos de enseñanza y aprendizaje como incluyentes, y su objetivo es potenciar el pensamiento crítico y la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados y política-

mente empoderados (Finkel, 2018). La justicia social, a su vez, se vincula directamente con los ODS (Organización de Naciones Unidas [ONU], 2015), puesto que apuntan a la equidad, al desarrollo de las capacidades y a la garantía de derechos.

En el ámbito educativo, incluir este tema en los procesos de enseñanza y aprendizaje permite valorar las dinámicas contextuales y visibilizar problemas ambientales de relevancia, como son la seguridad alimentaria, la generación de energía eléctrica, la calidad de las microcuencas y la gestión social y comunitaria, entre otros. Sin embargo, implica «una ruptura de las prácticas y modelos educativos tradicionales de naturaleza transmisionista y explorar otras formas de enseñar teniendo en cuenta los múltiples y diversos estilos de aprendizaje» (Moseley y Utley, 2008, pp. 17-18).

En este sentido, se está ante un marco de referencia que resulta funcional en la formación de profesores y que ha sido fundamentado a través del proyecto europeo A Rounder Sense of Purpose y conceptualizado profusamente por Rieckmann (2019, 2020b) y Corres et al. (2020); este ofrece un panorama sobre la evolución de las competencias de los docentes desde el pensamiento holístico, la visión de cambio y hacia la transformación, como se presenta en la tabla 1. Además, cada una de las competencias se define en términos de resultados de aprendizaje y componentes.

Tabla 1.
Competencias para la sostenibilidad para profesores

	<i>Pensamiento holístico</i>	<i>Visión de cambio</i>	<i>Hacia la transformación</i>
Integración	Sistemas	Futuro	Participación
	El educador ayuda a los alumnos a desarrollar una comprensión del mundo como un todo interconectado y a buscar conexiones en nuestro entorno social y natural, y considerar las consecuencias de las acciones.	El educador ayuda a los alumnos a explorar posibilidades alternativas para el futuro y a utilizarlas para considerar cómo podrían cambiar los comportamientos.	El educador ayuda a los alumnos a contribuir a los cambios que apoyarán el desarrollo sostenible.
Compromiso	Atención	Empatía	Compromiso
	El educador ayuda a los alumnos a comprender aspectos fundamentalmente insostenibles de nuestra sociedad y la forma en que se está desarrollando, y aumenta su conciencia de la necesidad urgente de cambio.	El educador ayuda a los alumnos a desarrollar su autoconciencia y su conciencia de los demás.	El educador ayuda a los alumnos a trabajar de manera receptiva e inclusiva con los demás, siendo conscientes de sus creencias y valores personales.
Práctica	Transdisciplinariedad	Innovación	Acción
	El educador ayuda a los alumnos a actuar en colaboración, tanto dentro como fuera de su propia disciplina, función, perspectivas y valores.	El educador fomenta la creatividad y la flexibilidad dentro de sus alumnos.	El educador ayuda a los alumnos a tomar medidas de manera proactiva y considerada.

	<i>Pensamiento holístico</i>	<i>Visión de cambio</i>	<i>Hacia la transformación</i>
Reflexión	Pensamiento crítico	Responsabilidad	Decisión
	El educador ayuda a los alumnos a evaluar críticamente la relevancia y la fiabilidad de las afirmaciones, fuentes, modelos y teorías.	El educador ayuda a los alumnos a actuar de manera transparente y a aceptar la responsabilidad personal de su trabajo.	El educador ayuda a los alumnos a actuar de manera prudente y oportuna incluso en situaciones de incertidumbre.

Fuente: Rieckmann (2019).

Este autor plantea 12 competencias relacionadas con diferentes dimensiones que se tuvieron en cuenta para caracterizar las propuestas de los futuros profesores y cómo se reflejaban en el diseño de actividades con el uso de tecnologías emergentes.

Tecnologías emergentes para la implementación del «e-lab» en la formación de profesores de ciencias

Desde una perspectiva metodológica, la experiencia *e-lab* aquí presentada se vincula con el uso de tecnologías emergentes (TE) (RV-RA), consideradas como recursos que tienen un alto potencial para favorecer el aprendizaje e implementar propuestas de enseñanza innovadoras (Concari, 2014; Lopera-Pérez y Cardona, 2021). Las TE se reconocen como un conjunto de recursos, herramientas, equipos, *software*, aplicaciones, redes y medios que permiten la compilación, el procesamiento, el almacenamiento y la transmisión de información como voz, datos, texto, vídeo e imágenes.

La RV es una simulación en la que el usuario ingresa a un entorno artificial que se percibe como real. Este escenario debe cumplir con los requisitos mínimos de simulación o capacidad de representación, interacción modelo-usuario y percepción sensorial del usuario (Farjas et al., 2011). La RA, según Basogain et al. (2007), es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por la computadora. Se basa en presentaciones 3D y facilita la comprensión de diferentes entornos asociados con cualquier campo de la ciencia, ya que sirve a los estudiantes para ingresar a escenarios enriquecidos y experimentarlos en un entorno virtual inmersivo.

Vale la pena señalar que ambas tecnologías (RV y RA) están relacionadas y presentan algunas características comunes, como la inclusión de modelos virtuales en 2D y 3D en el campo de visión del usuario; por lo tanto, se considera que tienen un gran potencial para contribuir al desarrollo de las competencias necesarias para innovar e implementar las tecnologías actuales en la educación científica. Para el caso del presente trabajo, se realizó un acercamiento a plataformas como Metaverse y Aumentaty, de tal manera que los futuros profesores se enfrentaran al diseño de algunos recursos de RA que se implementaron en sus propuestas.

METODOLOGÍA

El proyecto «“e-lab”: medio ambiente, justicia social y sostenibilidad en la educación» es considerado un macroproyecto desde el que se plantean y aplican diferentes experiencias, cada una considerada desde la metodología de diseños educativos (Van Den Akker et al., 2006), la cual ha sido aplicada previamente como enfoque metodológico en el campo de la educación científica y la educación ambiental (Kelly et al., 2008). En la figura 1 se describe el proceso de diseño educativo aplicado al «e-lab».

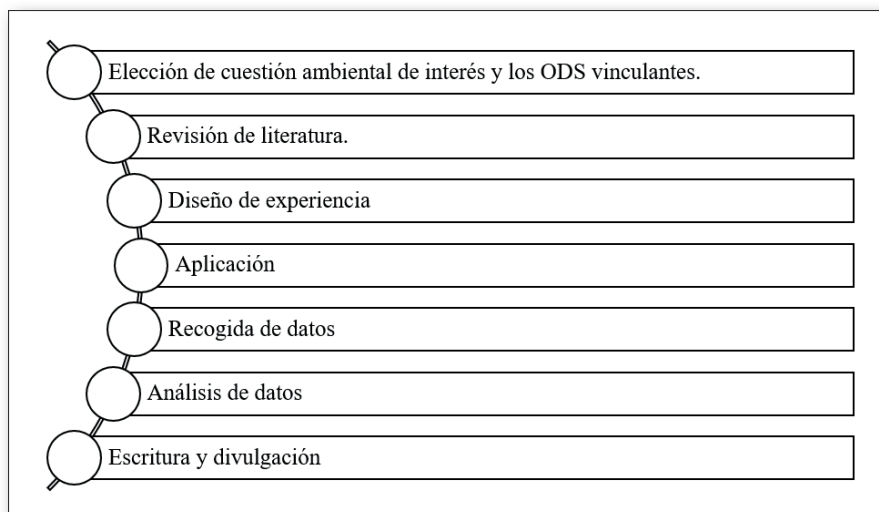


Fig. 1. Metodología de diseño educativo. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, reportamos la experiencia «e-lab» sobre las problemáticas asociadas al recurso hídrico, en la cual se da relevancia a la relación entre los ODS 4 y 6. Como se menciona en la tabla 2, esta experiencia se realizó durante tres sesiones de clases intensivas (19 horas).

Tabla 2.
Organización de la experiencia «e-lab»
sobre problemáticas ambientales vinculadas con el recurso hídrico

<i>Momentos</i>	<i>Actividades</i>	<i>Horas</i>
1. Presentación del tema	Problemáticas ambientales asociadas al recurso hídrico. Uso de Hologlobe (RA).	2
2. Conceptualización	Justicia social y ODS.	3
3. Uso de las tecnologías emergentes	Familiarización con herramientas de RV y RA: Scope, Creator, Metaverse.	7
4. Proyección didáctica	Reflexión curricular, objetivos de las microclases, herramienta y desarrollo. Socialización.	7

Fuente: Elaboración propia.

Recogida y análisis de la información

El presente estudio se llevó a cabo en Colombia con un grupo de 26 profesores de ciencias en formación inicial (identificados como E1 a E26), que se encontraban cursando la asignatura Lenguaje y Argumentación en Ciencias. Este curso forma parte del componente pedagógico de la licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la facultad. Como propuesta final del curso, los participantes se organizaron en equipos colaborativos de entre tres y cuatro integrantes para elaborar una microclase (identificadas desde MC01 hasta MC07), las cuales, de acuerdo con Anijovich (2009), se definen como un ejercicio de planeación, desarrollo y reflexión de una actividad de clase sobre un tema en particular, para poner en escena el saber práctico de los profesores en formación inicial; de esta manera, se promueve el aprendizaje a partir de la observación y la autoevaluación. Según Torres (2017),

las microclases fortalecen la planeación del proceso de enseñanza y aprendizaje, así como el manejo del tiempo y los recursos; además, permite proyectar la práctica docente y pensar en escenarios de gestión de dificultades o conflictos.

Las diferentes sesiones con los participantes se grabaron en audio y vídeo; además, se recogieron los documentos generados por los participantes, donde se exponían de manera detallada las microclases. A estos documentos se les aplicó análisis de contenido con la mediación del *software* atlas.ti (versión 8.0), por medio de la codificación abierta y codificación axial, así como el *noticing, collecting and thinking* (NTC), que consiste en hallar asuntos interesantes en los datos o en las fuentes de información, agruparlos en los códigos y grupos de códigos y analizar el sentido de estos datos y su organización (Frieze, 2019), así como el método de comparación constante (MCC), que permite reconocer categorías y subcategorías emergentes de los datos (Corbin y Strauss, 2008). Es importante resaltar que se atendieron las consideraciones éticas de cualquier investigación en educación, incluyendo un consentimiento informado que fue firmado por cada uno de los participantes.

Para el caso del presente estudio, el análisis de contenido brindó la posibilidad de caracterizar las competencias para la sostenibilidad que emergieron en las propuestas de las microclases y la apropiación de las TE por parte de los futuros profesores. Estas categorías se describen en la tabla 3.

Tabla 3.
Categorías y subcategorías de análisis

<i>Categoría</i>	<i>Definición</i>	<i>Subcategorías</i>	<i>Definición</i>
1. Competencias para la sostenibilidad (Rieckmann, 2019)	Desde la perspectiva del proyecto A Rounder Sense of Purpose ¹ . Eso significa que el educador necesita una comprensión crítica del desarrollo sostenible, por un lado, y del enfoque pedagógico de la educación para el desarrollo sostenible (EDS), por el otro. Esta categoría está relacionada con subcategorías que incluyen diferentes competencias.	1.1 Pensamiento holístico	Pensamiento sistémico, atención, transdisciplinariedad, pensamiento crítico.
		1.2 Visión de cambio	Futuro, empatía, innovación, responsabilidad.
		1.3 Hacia la transformación	Participación, compromiso, acción, decisiones.
2. Apropiación de las tecnologías emergentes	Se refiere a la incorporación de las tecnologías emergentes (RV-RA) con criterio pedagógico y didáctico. Se valoraron aquellas expresiones, percepciones, gestos, acciones y actitudes presentadas de manera verbal o escrita sobre la experiencia. Se destaca el discurso de los participantes sobre el uso de los recursos/herramientas y su potencial para incluirlas en la enseñanza de las problemáticas asociadas al recurso hídrico (ODS 4 y 6).	2.1 Características de las microclases	El diseño o adaptación del <i>microteaching</i> utilizando tecnologías emergentes, coherente con las necesidades e intereses de la educación actual.
		2.2 Dificultades en el manejo de las TE	Las dificultades que manifiestan los participantes para gestionar los recursos y herramientas propuestas. Además, se incluyen aspectos motivacionales para superar dichas dificultades.

Fuente: Elaboración propia.

1. www.aroundersenseofpurpose.eu

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Competencias para la sostenibilidad

Esta experiencia «e-lab» tiene como propósito contribuir al desarrollo de competencias para la sostenibilidad en profesores de ciencias en formación inicial. Así, se analizaron las competencias desde la perspectiva propuesta por Rieckmann (2019), en la cual se organizan diferentes grupos: las competencias vinculadas al pensamiento holístico, las competencias relacionadas con la visión de cambio y, finalmente, las competencias para la transformación. Es así como se presentan los resultados de la presente investigación a la luz de estos tres grupos de competencias.

Competencias vinculadas al pensamiento holístico

En relación con la competencia denominada «pensamiento sistémico», es necesario mencionar que está íntimamente vinculada con el paradigma de la complejidad y la teoría de sistemas. De hecho, se valora como un nivel de pensamiento superior. En este sentido, algunos participantes de la experiencia «e-lab» consideraban que la crisis referida al recurso hídrico emerge de la tensión entre los sistemas biofísicos (ecosistemas) y los sistemas sociales, culturales y económicos.

La privatización del agua es una tendencia muy presente en la actualidad en el Oriente antioqueño; esta se ve manifestada con base a [SIC] las nuevas dinámicas que está tomando el territorio en su extensión industrial y turística, y la cual se potencializa debido a la poca educación ambiental y desconocimiento de sus habitantes del lugar que ocupan (MC05).

Como el principal constituyente de la célula o del cuerpo humano. Además, es la que permite también el movimiento de sustancias al interior de la célula, que permite también la disolución de solutos, además de manejar a través de esos gradientes de solución las cantidades de iones que están dentro o fuera de la célula, por medio de lo que es transporte de membrana (E10, Clase 3).

Estas respuestas dejan ver que el agua en el contexto regional particular enfrenta importantes riesgos, tales como el uso extensivo para la industria o para la demanda turística; asimismo, para el riego de los monocultivos (que son comunes en la región por su vocación agrícola). Se entiende que los problemas ambientales están interconectados, son interdependientes y no aislados; incluso se plantean niveles de organización biológica (desde lo celular hasta lo ecosistémico) para ejemplificar estos asuntos vinculados con la complejidad. Cabe resaltar que los participantes en el MC05 mencionan que la educación ambiental no ha sido del todo efectiva, y que esto se refleja en el poco conocimiento de los habitantes sobre su territorio.

Los hallazgos de este «e-lab» en relación con los sistemas permiten reconocer la relevancia de esta perspectiva teórica en los procesos de formación inicial de profesores; también son coherentes con lo propuesto por Canelo et al. (2015), quienes consideran que este pensamiento «ofrece un camino hacia la comprensión y la gestión de las situaciones marcadas por la complejidad; nos abre nuevos retos y perspectivas para innovar en los procesos educativos, incorporando enfoques creativos, inter- o transdisciplinarios, participativos y transformadores» (2015, p. 126).

Ahora bien, sobre la competencia de «atención», se destaca que están latentes las críticas a las acciones que se generan desde los estamentos gubernamentales, así como a las consecuencias de transformar las vocaciones económicas (prácticas, tradiciones, sustento) en otras menos sostenibles. Asimismo, están presentes algunos asuntos referidos a la identificación con problemas cercanos desde el ámbito educativo y la corresponsabilidad de los implicados, así como la visibilización de posibles soluciones.

Se pueden encontrar grandes expansiones de monocultivos, fincas de veraneo, lo que hace que el agua sea usada por unos pocos para la satisfacción de sus propios intereses (MC05).

En este aspecto se involucran las inundaciones, los hábitos de cada persona asociados con este recurso que afectan la sostenibilidad, el mal uso de los residuos que terminan por afectar la potabilidad de esta, y, además, el papel que cumplimos frente a la protección ante entidades que buscan un beneficio económico (MC06).

Por otro lado, la competencia «transdisciplinariedad» estuvo presente en la mayoría de las microclases generadas por los participantes. Esto da cuenta de su apertura, sensibilidad y valoración de la forma como diferentes áreas de conocimiento que contribuyen a la comprensión de la problemática del recurso hídrico en sus contextos.

El docente presentará, en primer lugar, las ventajas y después las desventajas que traen las microcentrales hidroeléctricas desde diferentes puntos de vista (económicos, sociales, políticos, ambientales, etc.); a su vez, se irá apoyando con citas textuales, noticias, imágenes, tuits u otras fuentes de divulgación de información, con el fin de no solo contextualizar, sino también de apoyar sus argumentos durante la clase (MC07).

Nosotros elegimos la problemática de las minas cielo abierto [...]. Este tipo de minería afecta no solo el agua, sino también el suelo. En la minería a cielo abierto lo que hace es barrer con la capa vegetal, lo cual requiere de una gran demanda de agua. El agua que se utiliza en esta labor no puede volver a ser utilizada para consumo, generando una pérdida de agua potable (E17, Clase 3).

Es importante mencionar que la transdisciplinariedad, si bien es una deuda histórica en educación ambiental y no se logra en todos los casos, puesto que implica suponer relaciones bidireccionales entre los conocimientos y conceptos del mundo que aportan diferentes disciplinas, propone una reconstrucción, que es en sí misma un nuevo conocimiento. Desde la perspectiva de las competencias para la sostenibilidad, es pertinente si se logra trascender a las miradas y epistemes unidisciplinarias a partir de la construcción de sistemas teóricos (macrodisciplinas o transdisciplinas), sin fronteras sólidas entre las disciplinas, fundamentadas en objetivos comunes y en la unificación epistemológica y cultural (Stokols, 2006). Según Carvajal (2010), la investigación con una fuerte connotación transdisciplinar está enfocada a los aspectos del mundo real, más que a aquellos que tienen origen y relevancia solo en el debate científico.

Para finalizar este grupo, consideramos la competencia de «pensamiento crítico» como un asunto relevante en la formación inicial de profesores de ciencias, puesto que se espera contribuir al fortalecimiento del criterio político, con compromiso social y conocimiento de la normativa ambiental vigente vinculada con la sostenibilidad; esta competencia también demanda habilidades argumentativas. Se identificó que algunos grupos colaborativos tuvieron posicionamientos críticos en relación con las problemáticas de sus contextos cercanos.

Las principales problemáticas asociadas al agua son contaminación, causada por la industria y redes residuales domésticas; deforestación, causada por la siembra de árboles madereros cerca de los ríos; microcentrales eléctricas (EPM [Empresas Públicas de Medellín], buscando satisfacer la demanda de energía, está gestionando la creación de microcentrales eléctricas, afectando el río, la fauna, la flora y comunidades); vertimiento de residuos sólidos a los ríos, cambiando la composición química y física del agua, la cual afecta la fauna y flora; turismo sin control, que genera contaminación y genera disturbios en la dinámica faunística; minería artesanal y gran escala que conlleva a la destrucción de biomas (MC06).

Privatización del agua y un uso despota de los recursos hídricos, sin contar con la contaminación que hay y que los mayores causantes son los productores de hortensias y cultivadores de papa, repollo, entre otros, los cuales, en casos extremos, no poseen la reglamentación al día, por lo que la mayoría de los agroquímicos utilizados son desechados a las cuencas y afluentes hídricos que abastecen de agua a la comunidad (MC05).

Creo que va muy ligado al plan de desarrollo del gobierno, y aquí con esos planes de desarrollo que le apuestan a la minería es bastante difícil (E4, Clase 1).

Los participantes reconocen las problemáticas del agua en la región: su vinculación con una inadecuada gestión, la falta de control gubernamental y de sanciones (para las personas y empresas), las prácticas económicas que no son sostenibles, el uso extensivo para cultivos y monocultivos, la privatización y la reducción de afluentes.

Además, se identifican aspectos problemáticos como la poca participación ciudadana en la toma de decisiones sobre la gestión del agua y la priorización de intereses económicos por encima del bienestar de los habitantes y del sostenimiento de los ecosistemas.

Competencias relacionadas con la visión de cambio

En primer lugar, se presentará la competencia «futuro». Es importante mencionar que si bien el propio concepto de desarrollo sostenible es esencialmente amable y solidario con las generaciones futuras, esta competencia no fue recurrente en el discurso de los participantes. Sin embargo, en una microclase en particular, se mencionan las posibles formas de hacer realidad el cambio social a través de acciones individuales y colectivas, en las cuales están implicados los procesos educativos.

En lo referente a la justicia social, es pertinente este conocimiento, puesto que el recurso hídrico que todos tenemos se ha ido deteriorando por procesos industriales y *fracking*, minería, centrales eléctricas. Se debe tener presente que el agua es un derecho para los seres humanos, y el ser humano, consciente de sus actos, tiene el deber de cuidarla. Para atender a las necesidades que esto demanda, la educación y la formación en estos aspectos cobran un valor importante; es allí donde los maestros entran en juego asumiendo un rol de participación activa, en donde se busca atrapar, de una u otra manera, el interés de los estudiantes, que estos se den cuenta de cómo se ve afectado su contexto y cómo, a través de la educación y la formación, se puede intervenir en este proceso (MC06).

Esta competencia ya había sido identificada por Tréllez (2002), quien considera que el pensamiento prospectivo, además de ser esperanzador, es potencialmente creativo; lo que implica la deconstrucción de la racionalidad economicista y abogar por la sensibilización y ambientalización.

Por otro lado, la competencia de «empatía» es un aspecto fundamental en los procesos de educación formal. En este sentido, se manifiesta cuando los participantes mencionan el trabajo comunitario o colectivo, trascienden desde la individualidad y se comprometen con un impacto positivo desde el cuidado del recurso en pro de subsistencia.

Desde las instituciones educativas, espacios no convencionales y desde el hogar, crear conciencia frente al cuidado del agua se ha convertido en uno de los principales objetivos ambientales, pues al tener conocimiento del impacto que generan, en el deterioro de este recurso, los hábitos de las personas, pasando por un aporte individual y posteriormente convertirse en un aporte colectivo, se puede reflejar un impacto positivo y considerable al cuidado de este recurso primordial para la subsistencia humana (MC06).

La empatía es una competencia necesaria para la futura práctica de los participantes en este «e-lab», la cual se manifiesta en la relación con lo otro (factores abióticos) y con los otros (seres vivos y seres humanos). Además, se transmite a los estudiantes en la escuela implícita y explícitamente. En relación con el agua, no es suficiente que los profesores den discursos sobre su adecuado manejo; tampoco que se generen campañas puntuales. Lo realmente importante es que se manifieste en todo momento un compromiso con la trama de la vida, que haya coherencia entre las palabras y los actos y que se enseñe desde el ejemplo y la empatía.

Sobre la competencia de «innovación», está claro que las microclases cuentan las historias de aproximación y apropiación de las tecnologías para generar una estrategia que acerque a sus futuros estudiantes al recurso hídrico. La innovación no solo tiene relación con la novedad: también con una aproximación a los retos en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en temas ambientales. Así las cosas, los participantes mostraron una enorme motivación para aprender sobre RV y RA, y para utilizar esto en sus clases con el fin de potenciar el aprendizaje a propósito de las problemáticas asociadas al recurso hídrico (SDG 6). Asimismo, formaron grupos colaborativos, compartieron ideas, se apoyaron y crearon juntos, aspectos estos que fueron determinantes en los procesos de innovación en temas de sostenibilidad.

Competencias para lograr la transformación

Se entiende que es más sencillo estudiar el asunto de las competencias de los docentes para sostenibilidad en aquellos que están en servicio, especialmente porque tienen el componente práctico para apostar por la transformación. Para el caso, en la formación inicial se considera que es la oportunidad para dar los primeros pasos y potenciar estas competencias, a la par con la consolidación de su identidad profesional docente. No obstante, de las competencias que forman parte de este grupo, la evidencia de los participantes da cuenta de la presencia de la competencia «participación», como se ve en la tabla 4.

Tabla 4.

Enfoques de la competencia «participación» a partir de las expresiones de los participantes

<i>Expresiones de los participantes</i>	<i>Enfoque de la competencia</i>
Cuando todas las personas tienen la posibilidad de participar y decidir en temas ambientales desde su conocimiento, ya sea empírico o teórico, a través de órganos participativos como las juntas de acción comunal, veedurías ciudadanas, desde la escuela y grupos ambientales que promueven la protección del agua (MC07).	Decisión personal. Conocimiento de los mecanismos de participación.
Consiste en brindarles a los sujetos el acceso a una educación de equidad que garantice la plena participación dentro de los procesos educativos que se llevan dentro de una institución educativa (MC04).	Equidad. La competencia se desarrolla desde la escuela.
El apropiarse del territorio desde el trabajo colaborativo, ideas y proyectos permite a los sujetos una participación crítica en cuanto a la importancia que tiene el agua en el territorio al ser un elemento estructurante (E15, Clase 1).	Trabajo colaborativo. Apropiación del territorio.
La educación participativa es aquella que permite crear un puente entre los saberes, mas no se piensa en que solo el maestro tiene el conocimiento. Por este motivo, la educación debe generar propuestas que contribuyan a crear ciudadanos críticos y protectores del recurso hídrico (E22, Clase 1).	Transdisciplinariedad. Resolución de problemas. Pensamiento crítico.

Fuente: Elaboración propia.

Los enfoques dan cuenta de que se considera la participación como una decisión personal, que se puede potenciar desde la escuela. Esto sirve para darle aún más relevancia a la formación de docentes en el tema. Asimismo, se referencia el conocimiento de los diferentes mecanismos establecidos por la normatividad o políticas ambientales, y la participación que incentiva la apropiación del territorio y la equidad. En particular, la información aportada por los participantes muestra la vinculación de esta competencia con otras como la transdisciplinariedad, la resolución de problemas vinculados a la gestión del recurso hídrico y el pensamiento o posicionamiento crítico.

Para finalizar el análisis de la categoría 1, es importante mencionar que las competencias no se presentan aisladas, lo cual complejizó su caracterización en los docentes en formación inicial: por el contrario, están enlazadas y coocurren en el discurso. En vista de esto, se integró al análisis la tabla de coocurrencia generada por el *software* atlas.ti, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5.
Coocurrencia de las competencias para
la sostenibilidad en los docentes de ciencias en formación inicial

<i>Competencias</i>	<i>N coocurrencias*</i>	<i>C coocurrencias**</i>
Pensamiento crítico-atención	4	0,31
Pensamiento crítico-responsabilidad	4	0,25
Pensamiento crítico-transdisciplinarietàad	3	0,14

*Número de fragmentos de texto que coocurren entre las dos competencias. **Coeficiente de coocurrencias entre las dos competencias. *Fuente:* Elaboración propia.

Se puede evidenciar que la competencia «pensamiento crítico» es la que tiene un coeficiente de coocurrencia (C) más alto con otras competencias, como son la atención, la responsabilidad y la transdisciplinarietàad, lo cual muestra la importancia de potenciar dicho pensamiento en los docentes como mecanismo para favorecer otras competencias para la sostenibilidad; esto se puede entender desde el vínculo teórico y la evolución de las competencias de «pensamiento holístico» y «proyección del cambio». Según lo mencionan Canelo et al. (2015), los educadores son agentes de cambio que precisan de capacidades como la visión de futuro, el pensamiento sistémico y crítico, la reflexión y el diálogo, la colaboración y la cooperación.

Asimismo, Ampuero et al. (2015) consideran que la naturaleza interdisciplinaria de los procesos de formación y los componentes teóricos y prácticos ofrecen oportunidades para coordinar y explorar las conexiones entre los sistemas naturales y sociales. Esto proporciona oportunidades para que los estudiantes desarrollen y usen el pensamiento crítico por medio de las interacciones normales entre los sistemas naturales y sociales, y los problemas reales que surgen de estas interacciones.

El análisis de las competencias para la sostenibilidad en los docentes de ciencias en formación inicial da cuenta de la conexión entre el ODS 6 y otros. Así que se retomó la organización denominada *wedding cake*, presentada por Rockström y Sukhdev (2016), del Stockholm Resilience Centre, en la Universidad de Estocolmo. Los hallazgos muestran la mayor relación con el nivel de biosfera y los ODS 15 (paz, justicia e instituciones sólidas) y 14 (agua y saneamiento). Además, hay tensiones entre el ODS 6 y el nivel económico para el caso de las prácticas turísticas o ecoturísticas, que afectan a las fuentes hídricas y, por ende, a los ecosistemas que dependen de estas.

Cabe mencionar que este «e-lab» abre una línea de investigación en el ámbito de las competencias para la sostenibilidad en la formación inicial de los profesores de ciencias, y que ofrece un panorama esperanzador, puesto que, como apunta Rieckmann (2020a), «los docentes son poderosos agentes de cambio para brindar la respuesta educativa necesaria para lograr el desarrollo sostenible» (p. 1).

Apropiación de las tecnologías emergentes

Un aspecto fundamental de este estudio es la preocupación por cumplir con las necesidades actuales de la formación de profesores en relación con la incorporación, con criterio pedagógico y didáctico, de las TE. Para este caso particular, se exploraron los aspectos favorecedores de la RV y RA en el ámbito

educativo que desde la literatura se han identificado como cualidades para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y la educación ambiental. En este orden de ideas, la presente categoría busca indagar sobre aquellas expresiones, percepciones, gestos, acciones, actitudes, entre otros, que manifiesten indicios de apropiación crítica para el uso de estas tecnologías en las microclases propuestas. Inicialmente, se describen las características de estas microclases y, posteriormente, las dificultades en el uso de las tecnologías.

Características de las microclases

Esta subcategoría se refiere al diseño o adaptación de la microclase utilizando tecnologías emergentes, coherentes con las necesidades e intereses de la educación actual. En primer lugar, se analizaron siete microclases, la mayoría llevadas a cabo en la plataforma Metaverse y una de ellas en Creator de Aumentaty. Entre las problemáticas que abordaron los participantes, se encuentra el estudio de la célula, el reconocimiento de los biomas, la pérdida de humedales por acciones antrópicas, la privatización del agua, el manejo de aguas residuales y la contaminación. No obstante, se encontraron pocos trabajos que justificaran su relación con el contenido específico seleccionado y el recurso hídrico. En la tabla 6 se describen algunas de estas relaciones.

Tabla 6.
Relación entre los contenidos específicos de las microclases y el recurso hídrico

<i>Fragmentos de las microclases</i>	<i>Interpretación</i>
No cabe duda de que el agua es esencial para que la vida exista; esta se encuentra presente en casi todos los procesos que realizan los seres vivos, bien sea un microorganismo, plantas o animales grandes y complejos. El agua ocupa entre un 70 % a un 80 % del volumen total de la célula y el no tenerla causa su muerte (MC01).	Se identifica una relación con lo vivo y con problemáticas asociadas al cuidado del recurso; además, se resaltan las consecuencias que puede ocasionar su contaminación para un ecosistema.
El tema se relaciona con el recurso hídrico, ya que los diferentes tipos de vida son parte fundamental y estructural para mantener buenas reservas de agua y, debido a la desestabilidad en este por la actividad humana, la contaminación en los últimos tiempos se ha elevado a enormes escalas, lo que trae como consecuencias escasez en muchos lugares del mundo del recurso hídrico, que es fundamental para mantener la vida en la Tierra (MC02).	
El tema del agua no es un tema que le compete a un círculo de personas en específico; este es un tema de grandes y pequeños, todos hacemos parte del mismo bioma y es nuestra responsabilidad cuidar de él, pues el agua es la fuente principal de la vida; esta hace parte de los recursos no renovables de nuestro planeta; es por ello por lo que la importancia de cuidarlo es responsabilidad de todos (MC06).	

Fuente: Elaboración propia.

Las expresiones presentadas en la tabla 6 dan fe del reconocimiento de diferentes dinámicas sociales que tienen un impacto en los problemas ambientales; sobre estos, los participantes pretenden abordar reflexiones en sus microclases desde la integración entre la ciencia y la tecnología. Lo anterior se pudo identificar en los propósitos de sus trabajos, que además se relacionaban con los derechos básicos de aprendizaje (documento curricular nacional) de Ciencias Naturales:

Reconocer la célula como parte estructural, morfológica, fisiológica y fundamental de los seres vivos por medio de la interacción en una aplicación digital de realidad aumentada (MC01).

Identificar mediante una actividad de exploración los conocimientos que tienen los estudiantes acerca de los diferentes tipos de biomas (MC02).

Comprende la relación entre los ciclos del carbono, del nitrógeno y del agua, explicando la importancia en el mantenimiento de los ecosistemas (MC06).

Identifica las implicaciones que tiene para Colombia, en los ámbitos social, ambiental y cultural, el hecho de ser «un país megadiverso» (MC07).

Argumenta con base en evidencias sobre los efectos que tienen algunas actividades humanas en la biodiversidad del país (MC07).

Por último, se resalta que los participantes reconocieron la importancia de apropiarse del funcionamiento de diferentes herramientas para poder aprovechar sus potencialidades y que su uso, además de trascender del aula de clase, permita que los estudiantes establezcan relaciones con situaciones de su cotidianidad, como se expone en las siguientes expresiones:

Las herramientas virtuales que abordamos [...] nos brindan la posibilidad de enriquecer los espacios de enseñanza y aprendizaje, permitiendo conocer aspectos de la vida diferentes a los comunes, que en muchas ocasiones no es posible observarlos, experimentarlos, etc. (MC06).

Actualmente, el avance tecnológico está permitiendo que cada vez más las personas viajen más allá de sus contextos locales y exploren mundos diferentes; a su vez, están construyendo su conocimiento teniendo en cuenta diferentes puntos de vista (local, regional, nacional, globalmente), ya sea por medio de una experiencia real o virtual (MC07).

Lo anterior puede relacionarse, según Grisolia (2009), con el papel de las tecnologías en la educación (en este caso, de la RV y RA), ya que actúan como instrumentos facilitadores y como contenidos implícitos para el aprendizaje. De esta manera, se reconoce la importancia de fortalecer su uso durante la formación en cuanto a que la utilidad de estas herramientas se vincula directamente con el manejo que les dé.

Dificultades en el manejo de tecnologías emergentes

Esta subcategoría se refiere a las dificultades manifestadas por los participantes para gestionar los recursos y herramientas propuestos. Se incluyen aspectos motivacionales para superar dichas dificultades. Inicialmente, se identificó que para algunos participantes se ha hecho difícil el acercamiento al uso de las tecnologías: aseguran que no tienen suficientes habilidades para aprovechar el funcionamiento de las herramientas, particularmente las utilizadas durante la experiencia. Así lo manifiestan algunas estudiantes durante el desarrollo de las actividades:

Me costó demasiado; entonces [sus compañeras] tenían más habilidad con eso y lo hicieron más fácil, pero es muy complicado para uno salirse de esa zona de confort y hacer otras cosas (E26, Clase 3).

Yo sinceramente soy muy reacia al tema de las tecnologías, pero el profesor tenía una propuesta y es que incluyamos el uso de alguna herramienta tecnológica, y yo no lo había considerado y me puse a investigar un poco, y hay unas aplicaciones para celular que sirven para identificar insectos (E5, Clase 2).

Esto concuerda con lo que afirma Arias (2016), en cuanto a que se «evidencia un amplio desfase entre el avance de la tecnología educativa y su investigación en los procesos de enseñanza, los intereses por llevar las tecnologías al aula de ciencias siguen rezagados en una visión instrumental» (2016, p. 124). En la tabla 7 se describen algunos puntos de encuentro entre las dificultades que presentaron los participantes con respecto a asuntos propios del uso de tecnologías emergentes.

De acuerdo con las expresiones presentadas en dicha tabla, se puede identificar que la mayoría de los futuros maestros coinciden en la importancia de apropiarse de las diferentes herramientas para poder aprovechar sus potencialidades y que su uso, además de trascender el aula de clase, ayude a que los estudiantes tengan acceso a aquellas. Lo anterior puede relacionarse, según Grisolia (2009), con que las tecnologías actúan como instrumentos facilitadores y como contenidos implícitos para el aprendizaje. De esta manera, se reconoce la importancia de fortalecer su uso durante la formación, sabiendo que la utilidad de estas herramientas depende directamente del manejo que se les dé. Entonces, otro aspecto que se debe tener en consideración para solventar las dificultades identificadas a la hora de la apropiación de las TE es la importancia de un trabajo colaborativo entre grupos de investigación o áreas de conocimiento, y ofrecer los medios necesarios para que los docentes en formación permanezcan informados sobre los usos actuales de las tecnologías. Esto último se hace imprescindible porque, como fue visto por los participantes, hay pocos espacios para fortalecer el uso de tecnologías en la línea de los discursos actuales.

Tabla 7.
Dificultades de los estudiantes para el uso de tecnologías emergentes

<i>Expresiones de los participantes</i>	<i>Tipo de dificultad</i>
<p>Te limita porque las imágenes que tiene el programa ya predispuestas no son las mejores y no me gustaron, [...] ya 3D o algo así tendría que ser con tiempo, por ejemplo, bajar la aplicación del celular y tomar uno mismo sus fotos 360°; o sea, ya requiere mucho más trabajo si uno quiere un buen resultado (E8, Clase 3).</p> <p>Cuando nosotros pensamos el video 360°, para que fuera, pues, así, nosotros pensamos poner todos los biomas y fue muy difícil encontrar; por ejemplo, una 360° de arrecife de coral no encontramos; solo encontramos de bosque y del desierto (E11, Clase 3).</p> <p>Ninguno de mis estudiantes [...] tiene plan datos ilimitados, entonces obviamente el internet del colegio [...] sería la primera dificultad; y lo otro es la restricción del uso del celular porque a mí me gustaría mucho, por ejemplo, para trabajar isomería que ellos puedan ver esas moléculas en una forma tridimensional (E16, Clase 3).</p> <p>Teniendo en cuenta los materiales requeridos, el docente que desarrolle una actividad semejante a la planteada en este trabajo deberá tener en cuenta el contexto en la institución que trabaja, ya que, en algunos casos, los estudiantes no disponen de dichas tecnologías, la institución no presenta conexión a internet, entre otros casos que pueden limitar el uso de estas herramientas virtuales (MC07).</p>	Dificultad en disponibilidad de recursos
<p>Subimos muchas imágenes, videos, pero a la hora de probarlo no daba, el celular se bloqueaba (E18, Clase 3).</p> <p>Tenemos que explorar más herramientas, porque miren: inicialmente solo teníamos Creator y Scope, y esa fue precisamente la que no funcionó; entonces qué tal si no tenemos otra opción, siempre tenemos que tener otra opción de edición, incluso explorar otros software (E26, Clase 3).</p> <p>Aún nos quedan muchos aspectos por mejorar para manejar estas herramientas virtuales; en este caso, faltó mayor dedicación y conocimiento para hacer del contenido una forma más amena de presentación de la información. Sin embargo, aún nos falta práctica para poder aprovechar lo mejor posible el Metaverse y otras herramientas virtuales que nos ayudarán en nuestra vida cotidiana y el quehacer docente (MC07).</p>	Dificultad en el manejo de la herramienta

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, esta experiencia «e-lab» ayudó a direccionar el uso de herramientas y recursos de RA y RV disponibles en la web, como es el caso del Hologlobe; así lo muestra la figura 2.



Fig. 2. Participantes explorando la *app* Hologlobe. Fuente: Fotografías propias.

La creación de los recursos, como es el caso del momento 3 de la «e-lab», constituye un verdadero reto, especialmente porque no en todos los casos los profesores en formación y sus formadores tienen los conocimientos y actitudes necesarios. Además, es limitado el acceso a herramientas gratuitas o de bajo costo, lo que implica inversiones para el desarrollo de propuestas de innovación, como es el caso de la aquí descrita.

A partir de las ideas expuestas anteriormente y como conclusión de esta categoría, es importante resaltar que surgen elementos que son de relevancia para caracterizar el nivel de apropiación de los estudiantes respecto al uso de tecnologías emergentes. Se evidencia, entonces, una falta en este aspecto, puesto que los participantes apuntan al poco uso o la ausencia de las herramientas que pueden contribuir a mejorar la apropiación de los conceptos y, sobre todo, el reconocimiento de las estrategias a las que pueden recurrir para su quehacer docente.

CONCLUSIONES

El presente estudio tenía como propósito aportar al desarrollo de las competencias para la sostenibilidad contempladas en los ODS 4 y 6 a partir del uso de TE como la RV y la RA. En relación con la caracterización de las competencias, se encontró que la experiencia «e-lab» dio cuenta de la presencia de las competencias vinculadas al pensamiento holístico y la visión de cambio; sin embargo, de las competencias relacionadas con la transformación, solo estuvo presente la participación. Esto se debe

a la naturaleza del proceso de formación con el cual se recogieron los datos, lo que, sin duda, sería diferente si se aplicara el referente conceptual de las competencias para la sostenibilidad en docentes en ejercicio. Esto sugiere la necesidad de desarrollar experiencias «e-lab» con este tipo de población.

En cuanto a la apropiación de las TE por parte de los profesores en formación y sus formadores, se pueden definir algunos criterios que surgen a partir de la experiencia de los participantes en enfrentarse a estas herramientas para el diseño de microclases. Un aspecto fundamental es la creación de espacios de formación para que los profesores en formación y sus profesores conozcan este tipo de herramientas y puedan identificar sus potencialidades y desventajas, de tal suerte que tomen decisiones desde una postura crítica sobre la pertinencia de su implementación. Asimismo, la necesidad de crear equipos de trabajo interdisciplinarios, pues, por la novedad de la incursión de este tipo de tecnología en la educación, se requieren conocimientos propios de otras áreas, como ingeniería, diseño o programación, que exigen dialogar con elementos de carácter pedagógico y didáctico para obtener resultados que trasciendan su uso instrumental.

REFERENCIAS

- Ampuero, D., Miranda, C. E., Delgado, L. E., Goyen, S. y Weaver, S. (2015). Empathy and critical thinking: Primary students solving local environmental problems through outdoor learning. *Journal of Adventure Education & Outdoor Learning*, 15(1), 64-78.
<http://doi.org/10.1080/14729679.2013.848817>
- Anijovich, R. (2009). *Transitar la formación pedagógica. Dispositivos y estrategias*. Paidós.
- Arias, V. (2016). *Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: una mirada a la investigación en la línea en términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica* (tesis de maestría no publicada). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C. y Olabe, J. (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU, 1-8.
- Calabrese, A. y Upadhyay, B. (2010). Teaching and learning science for social justice: Introduction to the special issue. *Equity & Excellence in Education*, 43(1), 1-5.
<https://doi.org/10.1080/10665680903484917>
- Calvo, M., Atrio, S. y Ruiz, N. (2017). Profesorado de ciencias comprometido con la justicia social: formación, metas y praxis docente en contextos socio-económicamente desafiantes. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* (Extra), 761-766.
- Canelo, J., Junyent, M. y Bonil, J. (2015). Innovación y creatividad para favorecer un pensamiento sistémico-crítico: ideas de alto nivel en la formación inicial de maestros. *Foro de Educación*, 13(19), 125-140.
<http://doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.006>
- Cardona, J. D., Afanador, C. y Lopera-Pérez, M. (2013). La magia del agua: una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de tópicos ambientales. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 662-666.
- Carvajal, Y. (2010). Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul*, (31), 156-169.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2010.31.12>
- Concari, S. B. (2014). Tecnologías emergentes ¿cuáles usamos? *Latin American Journal of Physics Education*, 8(3), 494-503.
- Corbin, J. y Strauss, A. (2008). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Sage Publications.

- Corres, A., Rieckmann, M., Espasa, A. y Ruiz-Mallén, I. (2020). Educator competences in Sustainability Education: A systematic review of frameworks. *Sustainability*, 12(23), 9858. <https://doi.org/10.3390/su12239858>
- Dimick, A. S. (2012). Student empowerment in an environmental science classroom: Toward a framework for social justice science education. *Science Education*, 96(6), 990-1012. <https://doi.org/10.1002/scs.21035>
- Farjas, M., Moreno, E. y García, F. (2011). La realidad virtual y el análisis científico: De la nube de puntos al documento analítico. *Virtual Archaeology Review*, 2(4), 139-144. <https://doi.org/10.4995/var.2011.4570>
- Finkel, L. (2018). Infusing social justice into the science classroom: Building a social justice movement in science education. *Educational Foundations*, 31, 40-58.
- Fraser, N. y Honneth, A. (2003). *Redistribution or recognition?: a political-philosophical exchange*. Verso.
- Friese, S. (2019). *Qualitative data analysis with ATLAS.ti*. Sage Publications Limited.
- Grisolía, M. (2009). Incorporando tecnologías de la información y la comunicación en un curso de Física General. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2), 36.
- Kelly, A. E., Baek, J. Y., Lesh, R. A. y Bannan-Ritland, B. (2008). Enabling innovations in education and systematizing their impact. *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*, 3-18. <https://doi.org/10.4324/9781315759593-10>
- Lopera-Pérez, M. y Cardona, M. E. (2021). ICT Tools, Virtual and Augmented Reality: Preservice science teachers' experiences. En M. Peters y R. Heraud, *Encyclopedia of Educational Innovation*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2262-4_156-1
- Lopera-Pérez, M. y Cardona-Zapata, M. E. (2019). Proyecto e-lab: medio ambiente, justicia social y sostenibilidad en la educación. *Bio-grafta*, 1285-1297.
- Lopera-Pérez, M., Díaz Posada, L., Villagra Sobrino, S., Charro Huerga, E. y Molpeceres Sanz, C. (2019). La teoría de inteligencias múltiples aplicada a la educación ambiental en escenarios inclusivos. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 37(3), 189-207. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2580>
- Moseley, C. y Utley, J. (2008). An exploratory study of preservice teachers' beliefs about the environment. *The Journal of Environmental Education*, 39(4), 15-30. <https://doi.org/10.3200/JOEE.39.4.15-30>
- Nussbaum, M. C. (2006). *El ocultamiento de lo humano: repugnancia, vergüenza y ley* (vol. 77). Katz Editores.
- Nussbaum, M. C. y Mosquera, A. S. (2012). *Crear capacidades*. Paidós.
- Organización de Naciones Unidas [ONU] (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Nueva York.
- Rieckmann, M. (2019). Education for sustainable development competencies for educators. https://www.researchgate.net/profile/Marco_Rieckmann/publication/337440344_Education_for_Sustainable_Development_Competencies_for_Educators/links/5dd7af64299bf10c5a26db8a/Education-for-Sustainable-Development-Competencies-for-Educators.pdf
- Rieckmann, M. (2020a). Education for sustainable development in teacher education: An international perspective. En S. Lahiri (Ed.), *Environmental education*. Delhi.
- Rieckmann, M. (2020b). Competencias de educación para el desarrollo sustentable para educadores. En R. E. Quiroz Posada y M Rieckmann (Eds.), *Competencias en la educación superior: experiencias investigativas y enfoques innovadores* (pp. 143-156). Institución Universitaria de Envigado, Universidad de Antioquia.

- Rockström, J. y Sukhdev, P. (2016). *The SDGs wedding cake*. Stockholm University. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-how-food-connects-all-the-sdgs.html>
- Sen, A. (2010). The place of capability in a theory of justice. *Measuring justice: primary goods and capabilities*, 239-253.
<https://doi.org/10.1017/cbo9780511810916.011>
- Stokols, D. (2006). Toward a science of transdisciplinary action research. *American Journal of Community Psychology*, 38(1-2), 79-93.
<https://doi.org/10.1007/s10464-006-9060-5>
- Torres, A. (2017). Un polo a tierra en la formación inicial de maestros de ciencias. *Bio-grafía*, 1378-1385.
<https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7312>
- Tréllez, E. (2002). La educación ambiental comunitaria y la retrospectiva: una alianza de futuro. *Tópicos en Educación Ambiental*, 4(10), 7-21.
- Unesco (2015). *Cumbre sobre el Desarrollo Sostenible. Transformar nuestro mundo para las personas y el planeta. Sinopsis*. Unesco.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. y Nieveen, N. (2006). *Educational design research*. Routledge.
- Walzer, M. (2011). Achieving global and local justice. *Dissent*, 58(3), 42-48.
<https://doi.org/10.1353/dss.2011.0058>

Environmental Laboratory «e-lab»: SDG 4 and 6 through Emerging Technologies

Marisol Lopera-Pérez, Mónica Eliana Cardona Zapata, María José Gallego Orozco
Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia
marisol.loperap@udea.edu.co, meliana.cardona@udea.edu.co, mjose.gallego@udea.edu.co

This paper describes the project «Environmental Laboratory “e-lab”: social justice and sustainability in education», which aims to create different experiences about relevant environmental issues in the Colombian context, for preservice science teachers. This project is not about the projection of a laboratory as a place but is a living lab that seeks to create training experiences on environmental issues for different educational scenarios, for various groups of people and on relevant issues.

From the «e-lab» are proposed and applied different training experiences or processes, each one considered from the methodology of educational designs. This experience is linked to the sustainable development goals (SDG) 4 –quality education– and 6 –clear water and sanitation–, with the purpose of characterizing the different competencies for sustainability in preservice science teachers through the design of microteaching based on emerging technologies (TE) such as virtual reality and augmented reality (VR-AR).

This study was carried out in Colombia with a group of 26 preservice teachers. As a final proposal, the participants organized themselves into collaborative teams (three and four members) to prepare a microteaching about water.

For the data gathering, the different sessions with the participants were recorded in audio and video; additionally, the documents generated by the participants were collected, where the microteaching were richly described. Content analysis was applied to these documents with the mediation of atlas.ti software (version 8.0), through open coding and axial coding, as well as noticing, collecting and thinking (NTC). Thus, the analysis made it possible to characterize the competences for sustainability that emerged in the proposals of microteaching and the appropriation of the ET by the future teachers.

The findings prove the contribution to the development of the skills for sustainability contemplated in SDG 4 and 6 by means of ET such as VR and RA. In relation to the characterization of the competencies, it was found that the «e-lab» experience revealed the presence of competences linked to holistic thinking and envisioning change; however, among the competences related to transformation, only participation was present. This is due to the nature of the training process with which the data was collected, which, for sure, would be different if the conceptual reference of competencies for sustainability in practicing teachers were applied.

Regarding the appropriation of ET, some criteria can be defined that arise from the experience of the participants when faced with these tools for the microteaching design. A fundamental aspect is the creation of training spaces so that teachers in training and their professors know this type of tools and can identify their potentialities and disadvantages, in such a way that they make decisions from a critical perspective on the relevance of their implementation. Likewise, there is a need to create interdisciplinary work teams, since, due to the novelty of the incursion of this type of technology in education, knowledge of other areas is required, such as engineering, design, or programming, which require dialogue with elements of pedagogical character to obtain results that transcend its instrumental use.

