

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN
RESEARCH REPORT

Unidad didáctica y lúdica para explicar el fenómeno de contaminación del agua

Didactic unit and ludic to explain the water pollution phenomenon

MARÍA ZULAY GONZÁLEZ-CARDONA

Magíster en Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira Risaralda. Profesora del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Institución Educativa Juan Hurtado del municipio de Belén de Umbría, Risaralda. Grupo de Investigación en Gestión Ambiental Territorial.

Correo electrónico: zulay.gonzalez@utp.edu.co
Código ORCID: 0000-0003-0518-290X

TITO MORALES-PINZÓN

Administrador Ambiental, Magíster en Investigación Operativa y Estadística de la Universidad Tecnológica de Pereira. Doctor en Ciencia y Tecnología Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona. Actualmente profesor titular del pregrado en Administración Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. Grupo de Investigación en Gestión Ambiental Territorial.

Correo electrónico: tito@utp.edu.co
Código ORCID: 0000-0003-3156-2252



RESUMEN

La apropiación conceptual de los problemas ambientales a nivel científico enfrenta dificultades derivadas de los métodos de enseñanza y la falta de herramientas didácticas, lo cual afecta el desarrollo del pensamiento crítico, las competencias científicas del área de ciencias naturales y la educación ambiental. El objetivo planteado fue realizar una unidad didáctica para la explicación de fenómenos ambientales a través de lúdica y simulación en el aula, usando como estudio de caso la contaminación de fuentes hídricas por vertimientos domésticos. Como metodología se partió de la aplicación de una prueba de conocimientos o pretest, se realizó una valoración cualitativa de la condición socioeconómica de los estudiantes, se obtuvo la caracterización de estilos de aprendizaje y se diseñó una unidad didáctica que constó de siete actividades, realizadas en tres horas semanales durante dos meses. Al final, se aplicó un posttest usando el mismo cuestionario. Como resultados se encontró, en promedio, que los estudiantes lograron un avance significativo en la competencia evaluada, lo cual incrementó el resultado de la evaluación del 31,8% al 64,4%, con un efecto favorable del desarrollo de la unidad didáctica.

Palabras clave: ambiental, competencias, didáctica, simulación, sistemas.

ABSTRACT

Conceptual appropriation of environmental problems at a scientific level faces difficulties derived from teaching methods and the lack of didactic tools, affecting the development of critical thinking and scientific competences in the area of natural sciences and environmental education. The objective was to carry out a didactic unit for the explanation of environmental phenomena, through play and simulation in the classroom, using as a case study the contamination of water sources by domestic dumping. As a methodology, the study used the application of a knowledge test named pretest, a qualitative assessment of the socioeconomic status of the students, the characterization of learning styles and the design of a didactic unit that consisted of seven activities, three weekly hours for two months; and in the end, a posttest was applied using the same questionnaire. As results, students achieved a significant advance in the assessed competence, increasing the result of the evaluation from 31.8% to 64.4%, with a favorable effect of the development of the didactic unit.

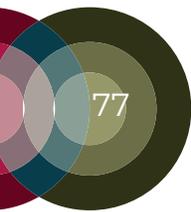
Key words: environmental, skills, didactics, simulation, systems.

Como citar este artículo:

González-Cardona, M. & Morales-Pinzón, T. (2020). Unidad didáctica y lúdica para explicar el fenómeno de contaminación del agua. *Zona Proxima*, 32, 75-104.

Recibido: 22 de agosto de 2019

Aprobado: 7 de octubre de 2019



INTRODUCCIÓN¹

La explicación en las ciencias naturales y en la dimensión ambiental, con fenómenos físicos y químicos como los que enfrentan la contaminación del recurso hídrico, conlleva a diversas barreras, tales como los métodos de enseñanza convencionales, la falta de herramientas didácticas y de recursos tecnológicos, el desconocimiento del entorno y el rígido sistema educativo, entre otros factores, lo que genera altos índices de reprobación de los estudiantes y deserción escolar. Adicionalmente, no se desarrollan de forma suficiente la capacidad de investigación, el pensamiento crítico y, mucho menos, las competencias científicas.

Además, los problemas que a diario se ven reflejados en el aula de clase contribuyen a la poca apropiación y la baja capacidad de explicación de los fenómenos por parte de los estudiantes, debido, entre otras razones, a la incapacidad de entenderlos sistémicamente, lo cual se evidencia en los bajos resultados de las pruebas Saber y la falta de comprensión de la problemática ambiental, como, por ejemplo, la configurada en el caso de la contaminación hídrica por vertimientos domésticos.

Es así como la falta de conocimiento del mundo natural hace al estudiante (el niño o la niña) indiferente a los problemas ambientales, y no se adquiere el respeto por el equilibrio natural y el cuidado del ambiente, lo que contribuye con la inconciencia que conlleva a que el adulto establezca una inadecuada relación con los recursos naturales.

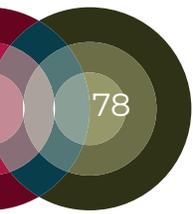
Los problemas ambientales son complejos y deben abordarse con enfoques no lineales que involucren un pensamiento holístico y sistémico, en el cual el desarrollo de actividades de simulación y las lúdicas pueden mejorar la aprehensión de estos fenómenos de manera científica.

En este trabajo de investigación se busca desarrollar y aplicar una unidad didáctica para la explicación del fenómeno ambiental de la contaminación de las fuentes hídricas por vertimientos domésticos, con soporte en la simulación y la lúdica.

MARCO REFERENCIAL

Al entender que la explicación científica se ha considerado uno de los principales problemas al que la epistemología debería responder, el sustento teórico de la investigación desarrollada se

¹ Este artículo es resultado de la investigación realizada como trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales (González-Cardona, 2018).



presenta a partir de una contextualización desde las ciencias ambientales y la comprensión de la problemática ambiental. Asimismo, se presentan teorías sobre las competencias científicas (explicación de fenómenos) y las estrategias lúdicas y la simulación.

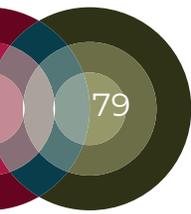
LAS CIENCIAS AMBIENTALES

Una de las áreas emergentes de la ciencia consideradas más importantes para la humanidad es la ciencia ambiental, dado su valor para responder a los desafíos de los problemas ambientales que pueden poner en riesgo la existencia de la vida humana y de los ecosistemas en general. De acuerdo con Chiras (2011), la ciencia ambiental busca comprender las muchas formas en que se afecta el medio ambiente, y cómo abordar estos problemas y resolverlos de forma multidisciplinaria. Sin embargo, en su forma más compleja solo enfoques inter o transdisciplinarios serían adecuados, ya que para manejar los problemas ambientales es necesario conocer conceptos de dinámica poblacional, economía, biología y microbiología, ecología, energía y química, entre otros (Masters y Ela, 2008).

De acuerdo con la definición de Carrizosa (2015), la ciencia ambiental busca comprender (la realidad y por ende la problemática ambiental), a partir del estudio amplio y con profundidad del entorno, mediante el análisis y la síntesis, en consideración a las interrelaciones posibles, con contexto histórico y predicción del futuro, respeto por las opiniones de los demás e intención de mejorar.

Desde la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano, celebrada en Estocolmo en 1972, se reconoce la incidencia de la tarea educativa ambiental en la toma de conciencia colectiva con respecto a la interdependencia del hombre con su entorno natural. Los seres humanos, organizados en sociedad, forman parte de estos ecosistemas y contribuyen a su transformación, pero también son condicionados por ellos en su evolución y desarrollo (RCFA, 2007).

Debido a que no se considera la existencia de una sola ciencia ambiental, sino un conjunto de áreas del conocimiento —que como objeto de estudio a los problemas ambientales desde el pensamiento complejo— las ciencias ambientales han desarrollado nuevas formas de investigación basadas en un enfoque interdisciplinario y transdisciplinario (RCFA, 2007). El ambiente es un sistema complejo de relaciones e interacciones, con una mirada holística de la realidad o un método interdisciplinario que articula múltiples visiones del mundo y paradigmas de conocimiento que convoca a diferentes disciplinas (la complejidad ambiental) (Leff, 2000). La crisis ambiental es una crisis de la cultura, de la civilización, y, por tanto, esta crisis exige hoy un cambio radical de los paradigmas de nuestra cultura y no solo un cambio en los modelos de desarrollo (Ángel Maya, 1997).



Otro enfoque, liderado por el profesor Cubillos (2018), plantea que se debe asumir como principio regulador “la categoría de la problemática ambiental del territorio, por sobre la ampulosa aspiración de intentar justificar y/o definir las ciencias ambientales”.

PROBLEMAS Y PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

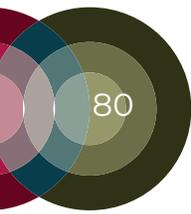
La problemática ambiental no puede resolverse sin un conocimiento efectivo de ella (Carrizosa, 2014). Se debe observar el ambiente como un todo, de forma integral y no desagregado, lo que incluya lo realizado por el hombre como el medio natural no humano, al definir este como un objeto de estudio para resolver los problemas ambientales.

Los problemas ambientales son los síntomas de lo que se ha denominado como “la enfermedad” o “problemática ambiental”, la cual ha persistido en diferentes sociedades —no es exclusiva de la moderna— y a partir de sus grandes logros (un modelo económico, un modelo de ciencia y un mundo globalizado, entre otros) profundiza la crisis al extenderla en todo el planeta con una visión reduccionista de corte analítico y no holístico. Esta no permite una comprensión integral que traspase las disciplinas hacia la inter y transdisciplinariedad, de modo que se logren sinergias cognoscitivas entre áreas tales como la biología, la ecología, la antropología, la filosofía, la ética y la política, entre otras (Toro et al., 2007).

Dados estos conceptos, se puede entender la necesidad de replantear el enfoque ambiental en las instituciones educativas, así como de enfocarlo hacia las problemáticas del contexto, como, por ejemplo, la contaminación de las fuentes hídricas en el municipio de Belén de Umbría, en la vereda Puente Umbría, donde la Carder² tiene diagnosticada la problemática ambiental específica. Se advierte además, que la complejidad es mayor porque:

La crisis ambiental no es un fenómeno exclusivamente de orden tecnológico [...]. La problemática ambiental plantea un reto a la actual organización del sistema social y a los

² La Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Cader) es la máxima autoridad ambiental del departamento. En particular, la cuenca del río Risaralda, eminentemente de vocación agrícola, se encuentra ubicada en el sector nororiental del departamento. Drena un área de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de aproximadamente 1278 km²; un 60% de este territorio pertenece al departamento de Risaralda y el resto al departamento de Caldas. En la cuenca del río Risaralda son significativas las fuentes de contaminación del recurso hídrico que, por diferentes causas, afectan las corrientes de agua. Las principales fuentes contaminantes identificadas son: beneficio del café, uso y manejo de plaguicidas, actividades pecuarias, industria piscícola, industria de la caña de azúcar, aguas residuales municipales y disposición final de residuos sólidos (Carder, 2012).



instrumentos teóricos de análisis al igual que a las instituciones encargadas de transmitir el conocimiento. (Ángel Maya, 1991)

LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA

Existen diferentes aproximaciones al concepto de explicación y, en particular, relacionado con la ciencia, es decir, la explicación científica. Se debe entender que, en todo caso, no se refiere a la forma de cómo dar reglas de acción (p. ej., explicar cómo se elabora un informe), dar el significado de una palabra (p. ej., explicar qué significa informar) (Concari, 2001), o una excusa (explicar las causas por faltar a una reunión).

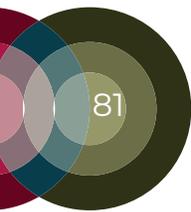
Según Gilbert, Boulter y Rutherford (1998), citado por Concari (2001), la explicación científica tiene varias categorías:

- 1) Por qué se solicita la explicación, es decir, cuál es el problema al que se responde (explicación intencional);
- 2) Cómo se comporta el fenómeno explicado (explicación descriptiva);
- 3) De qué se compone el fenómeno (explicación interpretativa);
- 4) Por qué el fenómeno se comporta como lo hace (explicación causal);
- y 5) Cómo debería comportarse en otras circunstancias (explicación predictiva).

Además, afirma que el objetivo de la evaluación que se realiza a los estudiantes es verificar si dichas explicaciones si son o no adecuadas, o son más o menos adecuadas que otras, mucho más que si son o no verdades irrefutables.

A partir del enfoque de los problemas desde el avance de la ciencia, Toulmin (1972), citado por Chamizo e Izquierdo (2007), propone la expresión “problemas = ideales explicativos-capacidades corrientes”, e indica que el conocimiento refuerza la capacidad explicativa para alcanzar el ideal de comprensión propuesto por una sociedad, ya que los problemas surgen por falta de comprensión o ausencia de conocimientos.

Adicionalmente, en el contexto colombiano, la competencia “explicación de fenómenos” consiste en la capacidad para producir razones sobre el porqué de los fenómenos, de sus causas, sus efectos y las relaciones con otros fenómenos, en el marco de referencia de los modelos que han sido propuestos y acogidos por la comunidad científica, a fin de construir así, de manera progresiva, una concepción propia de mundo basada en el conocimiento científico (Toro et al., 2007).



El ser humano busca incesantemente comprender el mundo que le rodea, y es la explicación parte integral de su actividad. Explicar es, entonces, “la capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos” (Toro et al., 2007).

La escuela, en consecuencia, debe orientar a los niños y a las niñas para que transformen sus explicaciones basadas en la experiencia cotidiana hacia niveles cada vez más cercanos a las explicaciones científicas. Es entonces este espacio un escenario de transición desde las ideas previas de los alumnos hacia formas de comprensión más cercanas a las del conocimiento científico (MEN, 2013). Adicionalmente, la competencia explicativa fomenta en el estudiante una actitud crítica y analítica que le permite establecer la validez o la coherencia de una afirmación o un argumento (Pedraza et al. 2009).

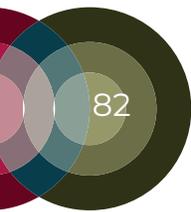
El enfoque positivista de la ciencia ha llevado hacia la formulación de preguntas, a responderlas objetivamente y encontrar o creer encontrar la explicación de los fenómenos estudiados. La explicación en la cotidianidad se manifiesta espontáneamente y sin mayor rigor, y se compone de la producción de razones sobre el porqué de un fenómeno, sus causas y las relaciones que guarda con otros fenómenos, desde diferentes marcos de referencia (Toro et al. 2007).

La forma de evaluar esta competencia es a partir del planteamiento de preguntas en las cuales el estudiante selecciona la explicación más adecuada como razón de un problema o de una situación particular, deduce la validez de un argumento a partir de los referentes conceptuales que posee, o que presenta un enunciado, o a partir de la búsqueda de relaciones y conexiones entre fenómenos y conceptos (MEN, 2013).

LÚDICA Y SIMULACIÓN

Para el desarrollo de la estrategia didáctica se tienen en cuenta los postulados de los siguientes autores, quienes consideran la didáctica como parte fundamental en el desarrollo de competencias.

Según lo expresado por Vygotsky (2009), planteado en 1931, el juego, “reino de la espontaneidad y la libertad”, se concibe como la actividad indispensable para el desarrollo del niño no solo desde el punto de vista físico o motriz, sino también como un potenciador activo para el desarrollo del intelecto, lo cual lleva a pensar en la importancia que esta actividad tiene frente al desarrollo integral de toda persona; sin mirar credos, razas o nacionalidades, pues esta actividad (lúdica) es universal y toda persona de cualquier lugar del mundo ha tenido la oportunidad de disfrutar y aprender a partir de ella, aun desde las primeras civilizaciones existentes en la Tierra.



Estos planteamientos se comprobaron cuando se observó un mejor desempeño en la solución de problemas de electromagnetismo, en el momento en que en los alumnos se formaron un modelo mental de campo electromagnético, aproximado al modelo conceptual usado por físicos expertos. De otra parte, los alumnos que trabajaron solo con fórmulas, definiciones y enunciados de leyes (aisladas), limitados a su aplicación mecánica, obtuvieron un desempeño más bajo (Greca y Moreira, 1998).

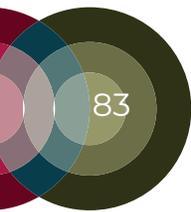
En general, se ha demostrado que los maestros deben examinar el conocimiento previo de los estudiantes antes de que se introduzcan nuevos conceptos abstractos. Además, es necesario que los maestros utilicen métodos de enseñanza concretos y hacer los conceptos abstractos más accesibles para los estudiantes que pueden carecer de habilidades operativas formales. En general, estos métodos hacen uso de materiales concretos, como, por ejemplo, modelos, imágenes, ilustraciones y diagramas, a fin de integrar de manera favorable las ideas de las concepciones concretas con las abstractas (Zeitoun, 1989).

El juego es un medio apropiado de aprendizaje y debe reunir una serie de características que lo hacen apropiado para este propósito. En este sentido, se debe entender el juego como una actividad lúdica, fuente de placer, diversión y alegría que, por lo general, la exalta quien la realiza, de modo que se considera que se debe llevar a cabo de manera espontánea, voluntaria y libre, debido a que no admite imposiciones externas, aunque sí reglas (Bautista y López, 2002; Jiménez, 2002; Zabalza, 2006). Sin embargo, la actividad lúdica dirigida debe guiar el curso de acción de los estudiantes a fin de lograr un aprendizaje planificado por el docente.

De otra parte, el juego contribuye al desarrollo de habilidades de observación y experimentación, así como a la comprobación de ideas, en una suerte de autodescubrimiento de la belleza de la naturaleza; por tanto, debe percibirse como un “asunto serio” en la educación para la ciencia (Palacios- Rojas, 2004).

La actividad lúdica debe considerarse como un canal de transmisión de conocimientos y de cultura. Además, este no debe emerger solo como actividad espontánea y se debe lograr un carácter organizado, tendiente a activar pensamientos rápidos y coherentes con los objetivos y los contenidos de la enseñanza, de modo que se integren el aprendizaje, a la satisfacción de las necesidades y al disfrute de los escolares (Concepción, 2004).

El juego tiene un gran valor didáctico porque facilita organizar de manera eficiente procesos de enseñanza tales como participación, dinamismo, entrenamiento, interpretación de papeles, colec-



tividad, modelación, retroalimentación, carácter problémico, obtención de resultados completos, iniciativa, carácter sistémico y competencia (Bautista y López, 2002).

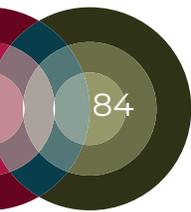
De acuerdo con Taylor (1991), existen diferentes formas de realizar simulaciones aplicables al aula: el estudio de casos, la representación de papeles, la simulación-juego y la simulación mediante una máquina. Para el objeto del presente trabajo, es de interés destacar la simulación-juego, la cual busca representar la esencia de una situación, con una estructura obvia o no, y la posibilidad de presentar correlaciones entre varios factores o variables que pueden manipularse de forma visible (a los demás participantes) y con ajuste continuo. Esta técnica permite jugadores de diversos niveles de competencia y cooperación, con procedimientos definidos y reglas establecidas.

Se sabe, entonces, que la actividad lúdica contribuye al desarrollo de capacidades cognitivas superiores y, según Bernabeu y Goldstein (2008), se le pueden atribuir propiedades favorables para la adquisición de conocimientos, elevar la motivación de los participantes, fortalecer el trabajo en equipo (con tolerancia y respeto), fomentar la creatividad, desarrollar la percepción y la inteligencia emocional, dar mayor autoestima y contribuir a lograr mejores niveles de responsabilidad, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

La competencia específica a ser objeto de intervención y evaluación fue la capacidad de “explicar los fenómenos referidos a la contaminación del agua por vertimientos domésticos, sus causas y consecuencias, utilizando adecuadamente los conceptos científicos”. A partir de ella, se seleccionó a los estudiantes participantes, se diseñaron los instrumentos de recolección de datos y se seleccionaron las técnicas estadísticas apropiadas. El proceso general constó de cuatro etapas para llegar al resultado final: 1) aplicación del cuestionario inicial (pretest); 2) desarrollo de la unidad didáctica; 3) aplicación del cuestionario final (postest); y 4) elaboración del análisis estadístico para evaluar el progreso en cada uno de los componentes de la explicación científica de fenómenos.

La investigación se desarrolló con treinta estudiantes del grado noveno de la sede Puente Umbría, de la Institución Educativa Juan Hurtado, del municipio de Belén de Umbría, departamento de Risaralda, los cuales fueron debidamente caracterizados mediante una encuesta socioeconómica y haciendo uso de la teoría tricerebral y el test de Waldemar De Gregory (1999).



INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS

Como instrumentos de análisis aplicados se realizó una prueba de conocimientos en dos momentos de la intervención: al inicio, mediante un pretest, el cual se evaluó de nuevo al final del desarrollo de la unidad didáctica bajo el nombre de postest. Dicha prueba permitió obtener una valoración cuantitativa del nivel de explicación científica de fenómenos y el impacto de la ejecución de la unidad didáctica propuesta.

Los datos se analizaron estadísticamente usando técnicas descriptivas univariadas, así como el análisis de clúster jerárquico³, a fin de identificar grupos homogéneos de estudiantes y relaciones de variables. De igual forma, técnicas no paramétricas⁴ como el análisis de correlación de Spearman⁵, la prueba de Wilcoxon⁶ que permite comparar muestras dependientes, el análisis de Kruskal Wallis⁷ para muestras independientes y el análisis de varianza de Friedman⁸ para muestras relacionadas, con la intención de contrastar los puntajes promedio obtenidos según tipos de cerebro y género (considerando los resultados del pretest y postest), y determinar si existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0,05$).

DISEÑO DEL TEST Y VALORACIÓN CUANTITATIVA

Para la realización del test se tuvieron en cuenta textos y preguntas que permitieran dar respuesta, de acuerdo con la competencia “explicación científica del fenómeno de contaminación por verti-

³ Esta técnica estadística multivariante permite clasificar casos (estudiantes) en grupos homogéneos que no se conocen de antemano. El clúster jerárquico permite aglomerar casos o variables en forma de árbol, al ubicar en las ramas más contiguas los casos más similares y estas, a su vez, se engloban en otras ramas de nivel superior.

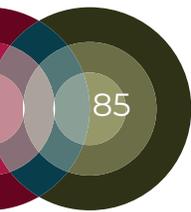
⁴ Las técnicas no paramétricas se refieren al conjunto de procedimientos estadísticos que no exigen como supuesto que los datos tengan distribución normal y pueden ser aplicados a datos ordinales incluso.

⁵ Este tipo de correlación se aplica a variables ordinales y es equivalente al coeficiente de correlación de Pearson para variables cuantitativas de tipo intervalo.

⁶ Es un test de hipótesis estadística equivalente a la prueba t (Student) y en este caso para muestras apareadas. Busca establecer si existen diferencias significativas entre dos poblaciones teóricas dependientes comparadas.

⁷ Es un test de hipótesis alternativo al análisis de varianza y se aplica cuando los datos no cumplen el supuesto de normalidad o la variable es ordinal. Compara si existen diferencias estadísticas significativas entre más de dos poblaciones independientes.

⁸ Esta técnica no paramétrica se aplica cuando se comparan más de dos poblaciones dependientes y es el equivalente al análisis de varianza de medidas repetidas.

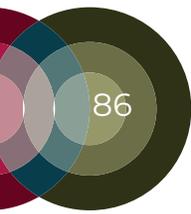


mientos domésticos”. Se utilizaron textos del Icfes y de la Organización Mundial de la Salud, en los que cada pregunta se seleccionó para que el estudiante respondiera con razones, datos, conceptos y relaciones, que son las categorías analizadas a fin de llegar a la evaluación de dicha competencia. Se elaboró una rejilla de valoración cuantitativa para la calificación del test y luego el cuestionario se validó con estudiantes del grado décimo de la institución, con el propósito de verificar la comprensión, la claridad y realizar modificaciones o correcciones sobre dicho cuestionario.

A partir de tres criterios de valoración y según el nivel de desempeño que pueda ser alcanzado por el estudiante, se propuso la valoración dada al estudiante usando cuatro categorías de menor a mayor alcance (Tabla 1). Adicionalmente, se calificó con puntaje de 1 la respuesta correcta y 0 si era incorrecta. La suma de los resultados en todas las preguntas corresponde al puntaje que obtuvo cada estudiante, el cual se clasificó, además, de forma cualitativa en niveles muy bajo (0 a 4), bajo (5 a 9), medio (10 a 16) y alto (17 a 19). Así, es posible establecer el porcentaje de nivel alcanzado en el test en una escala de 0 a 100% (0 a 19 puntos), siendo este último el nivel máximo que puede obtener un estudiante en la prueba.

Tabla 1. Puntajes asignados en la valoración del desempeño del estudiante

Criterios de valoración	Niveles de desempeño			
	Cero	Uno	Dos	Tres
Explica procesos de contaminación dando razones sobre las causas y efectos que ya se conocen o que se pueden conocer del fenómeno, utilizando adecuadamente los conceptos científicos.	No menciona ninguna razón que apoye su respuesta.	Da una razón sencilla de la contaminación del agua.	Da dos razones e introduce causas de un solo factor de la contaminación del agua.	Da tres o más razones, aporta descripciones, e interpreta múltiples causas y efectos de la contaminación del agua.
Identifica y predice el comportamiento de un fenómeno, analizando datos, a partir de modelos, de teorías y de representaciones del mismo.	No menciona ningún dato que apoye su respuesta.	Aporta un dato al comportamiento del fenómeno de forma sencilla, desde los conocimientos básicos.	Aporta dos datos al comportamiento del fenómeno basándose en las teorías y modelos de la contaminación del agua.	Aporta tres o más datos al comportamiento del fenómeno basándose en teorías científicas y modelos de la contaminación del agua de manera clara y convincente.
Establece relaciones sistémicas de los fenómenos con causas, sus efectos y obtiene conclusiones de forma razonada, haciendo uso del lenguaje científico, a partir de un modelo o teoría.	No propone relaciones, ni conexiones entre fenómenos y conceptos.	Relaciona una causa con una consecuencia de la contaminación de las fuentes hídricas.	Reconoce y relaciona más de dos causas y efectos de la contaminación hídrica basándose en teorías o modelos del fenómeno.	Establece relaciones sistémicas entre las causas y los efectos de la contaminación hídrica a partir de aspectos de teorías científicas y modelos, y propone soluciones para contrarrestar dicho fenómeno.



TEST APLICADO

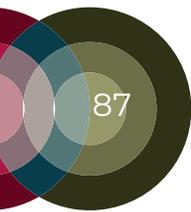
El test consistió en cuatro preguntas debidamente seleccionadas. Primero, se abordó un texto sobre la contaminación del agua que expone el problema de la generación de aguas residuales domésticas como uno de los principales desafíos que presenta el crecimiento de los asentamientos informales (barrios marginales) en los países en desarrollo. Como segundo momento, se preguntó sobre las variables que determinan la contaminación de una fuente hídrica, en la que la identificación del parámetro oxígeno disuelto determina el conocimiento del problema. Un tercer componente del test presenta el problema de la mortalidad asociada a enfermedades relacionadas con el saneamiento del agua. Finalmente, se presenta un diagrama que indica relaciones entre la contaminación del agua y la transmisión de las enfermedades causadas por contaminación fecal.

UNIDAD DIDÁCTICA E INTERVENCIÓN EN EL AULA

Para el momento de intervención en el aula, el estudio se centró en el análisis y la comprensión de la contaminación del agua por vertimientos domésticos, mediante la implementación de una unidad didáctica que incorpora actividades con herramientas lúdicas sistémicas, la cual se diseñó a partir de los resultados obtenidos en el pretest. La intervención en el aula se dio en un tiempo dos horas semanales, en horario de clase y durante dos meses, lo que permitió evaluar el nivel de desarrollo de la competencia “explicación científica de fenómenos”. La unidad didáctica constó de siete actividades, cada una con el propósito de proporcionar al estudiante las herramientas que le permitan llegar a la explicación, a través de las razones, los datos, los conceptos y las relaciones del fenómeno ambiental presentado (Tabla 2).

La unidad didáctica se diseñó de acuerdo con las recomendaciones pedagógicas de autores como Sanmartí (2005), y Quintanilla, Daza y Merino (2010), y se utilizó como estrategia didáctica la incorporación de actividades lúdicas sistémicas para el afianzamiento de conceptos tales como el crecimiento de la población con comportamiento lineal y exponencial, y las relaciones causales de la contaminación, apoyado de herramientas tecnológicas como uso del computador y el proyector de video, entre otras.

El desarrollo de la unidad didáctica se apoyó en la estrategia de simulación a través de un juego de roles sobre la contaminación del río, adaptado a partir de la lúdica “The Bathtub Game”, propuesta por Sweeney, Meadows y Mehers (2011). En esta, varios jugadores hacían de contaminantes, otro grupo cumplía la función de descontaminante, un estudiante tomaba los datos de contaminación y los demás observaban el proceso. Así, en un primer juego se permite ver cómo



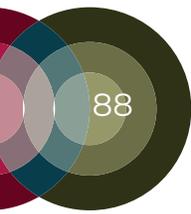
el comportamiento de la contaminación es constante o lineal, lo cual ocurre cuando la población es constante; en otro se incrementa la contaminación, con un comportamiento exponencial, en lo que se puede ver con claridad cómo el crecimiento de la población aumenta los niveles de contaminación y las consecuencias que este trae sobre la cantidad de contaminante en la fuente hídrica. Este proceso es no solo cognitivo, sino también lúdico, de modo que ayudó a la comprensión simplificada de procesos sistémicos; sin embargo, hace visible el concepto de crecimiento de población, así como las causas y los efectos de dicho fenómeno.

Tabla 2. Actividades de la unidad didáctica

Tipología de las actividades	Nombre de las actividades	Tiempo
Inicio	Actividad 0: caracterización de los estilos de aprendizaje	Dos horas
Exploración	Actividad 1: aplicación del pretest	Dos horas
	Actividad 2: salida de observación a las fuentes hídricas de la vereda Puente Umbría	Cuatro horas
Introducción de nuevos conocimientos	Actividad 3: lúdica sistémica de la contaminación y su acumulación.	Cuatro horas
	Actividad 4: casos de estudio de la contaminación hídrica	Cuatro horas
	Actividad 5: video foro sobre la contaminación del agua	Cuatro horas
Sistematización	Actividad 6: diagrama causal de la ruta de la contaminación	Dos horas
Aplicación	Actividad 7: planteo estrategias para mi comunidad	Cuatro horas
Evaluación final	Actividad 8: aplicación del postest	Dos horas

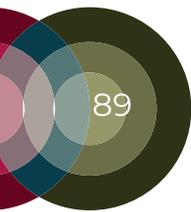
LÚDICA SISTÉMICA DE LA CONTAMINACIÓN Y SU ACUMULACIÓN

Como ejemplo que describe el proceso de elaboración de la unidad didáctica, se presentan en detalle los elementos del desarrollo de la “Actividad 3: lúdica sistémica de la contaminación y su acumulación”:



- *Propósito.* Comprender el fenómeno de acumulación de la contaminación en fuentes hídricas, a través del juego sistémico planteado.
- *Materiales requeridos.* Treinta fichas por grupo, diez tarjetas por grupo, un tablero, una tabla para toma de datos y al menos tres lápices de distinto color.
- *Tiempo requerido.* Dos horas.
- *Descripción general.* El juego consiste en simular la contaminación hídrica, en la cual los participantes, por medio de roles, ingresan y retiran fichas del río, de modo que representan el proceso contaminar-descontaminar, según las órdenes dadas por un moderador. El río se representa sobre una mesa de juego y el moderador de las acciones indica en secreto a cada jugador el número de fichas (contaminante) que ingresa o que retira del río según su rol.
- *Orientaciones para los estudiantes.* Para cada mesa de juego se deben organizar tres grupos de al menos un integrante y un máximo de tres, y asumir el rol dado por el moderador de la siguiente manera: contaminador, descontaminador y observador; cada grupo actúa como una unidad. En una mesa que asigne el docente, debe definir el área que va a representar el río. Los “contaminadores” reciben treinta fichas, cada una de las cuales representa una unidad de contaminación. En cada ciclo de juego estas se colocan en el tablero dentro de la zona que representa el río, siguiendo la indicación del moderador. El segundo grupo (descontaminador) también espera la orden del moderador para saber cuántas fichas retira del río en cada ciclo, y el tercer jugador (observador) toma los datos del número de las fichas que quedan en el río después de cada ciclo de juego (nivel de contaminación en el río), usando la tabla de resultados entregada por el docente.
- *Orientaciones para el profesor.* El docente actúa de moderador, llamando a los participantes que tienen el rol contaminador y descontaminador, a fin de entregar a cada grupo una tarjeta que indica la acción que realizarán al inicio de cada ciclo de juego. Luego entrega un formato al observador donde éste ubicará la coordenada que corresponde al ciclo y el total de fichas que quedan en el tablero después de cada jugada.

Se definen seis rondas de juego con nueve ciclos o jugadas, así: incremento cero, incremento constante, reducción constante, incremento exponencial, reducción exponencial e incremento limitado.



En el primer juego (incremento cero) se simula la contaminación que permanece en el río. Para comenzar, el moderador pone tres fichas en el tablero indicando que el río tiene un valor inicial de contaminación. Posteriormente, entrega tarjetas con las siguientes instrucciones: al contaminador le entrega la tarjeta que dice “debe ingresar al río tres fichas al inicio de cada ciclo de juego”, y al descontaminador la tarjeta que dice “al inicio de cada ciclo de juego debe retirar tres fichas del río” (Tabla 3). Por último, el observador al final de cada ciclo (una vez ha realizado su acción el contaminador y el descontaminador) marca la coordenada de contaminante que queda en el río en la tabla de resultados.

El moderador señala el inicio de cada ciclo con la expresión “¡A jugar!”. Al finalizar el ciclo nueve se realiza la evaluación.

De acuerdo con esta lógica, se procede con los juegos 2 al 6, siguiendo las indicaciones de la Tabla 3. A modo de ejemplo, en el cuarto juego (incremento exponencial) la tarjeta para el contaminador indica “Ingrese $\frac{1}{2}$ de las fichas que hay al inicio del ciclo redondeando a un número entero”, mientras que al descontaminador le indica: “Retire $\frac{1}{4}$ de las fichas que hay al inicio del ciclo redondeando a un número entero”. Este redondeo se sigue en los juegos 4 al 6.

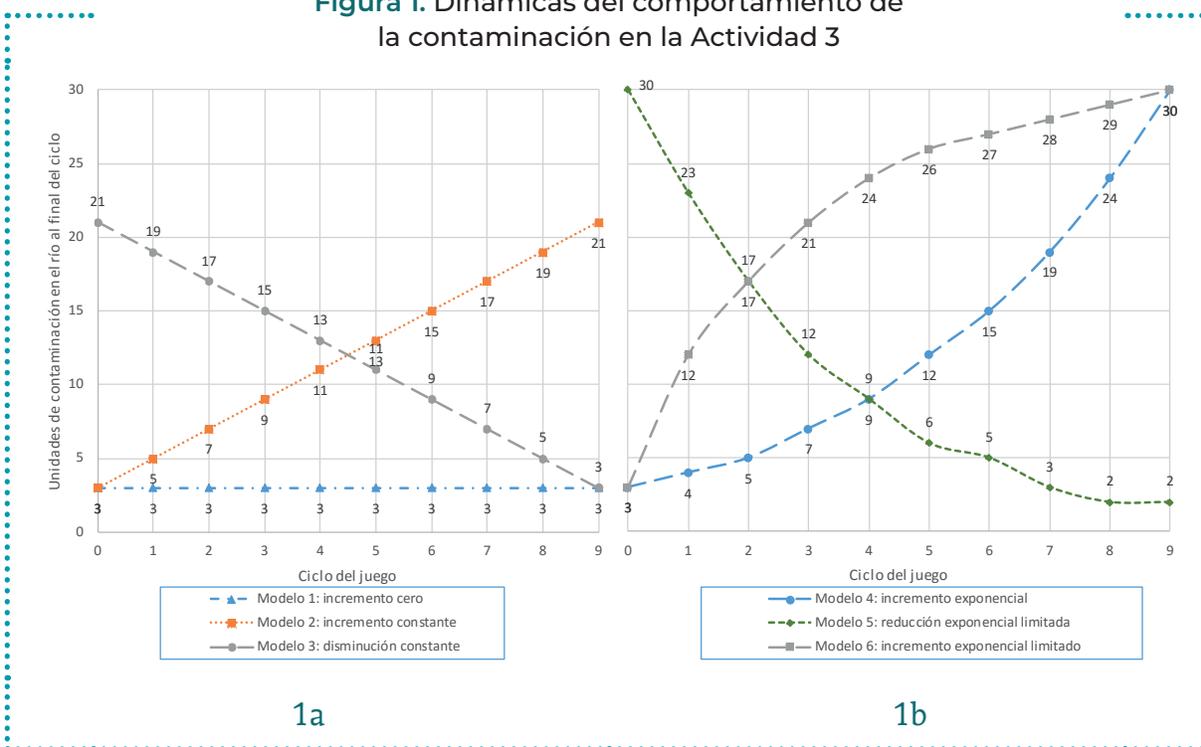
Tabla 3. Instrucciones para los roles de los jugadores

Modelo	Tipo de relación	Fichas iniciales	Ingresar fichas	Retirar fichas
1	Incremento cero	3	3	3
2	Incremento constante	3	3	1
3	Disminución constante	21	3	5
4	Incremento exponencial	3	$\frac{1}{2} * (x)$	$\frac{1}{4} * (x)$
5	Reducción exponencial limitada	30	$\frac{1}{4} * (x)$	$\frac{1}{2} * (x)$
6	Incremento exponencial limitado	3	$\frac{1}{2} * (30-x)$	$\frac{1}{5} * (30-x)$

x: es el número de fichas en el río al inicio de cada ciclo de juego

El docente debe verificar al final de cada ciclo que los cálculos realizados por los estudiantes sean correctos. Como guía para el docente y de apoyo para su orientación de la Actividad 3, se representa en la Figura 1 el comportamiento esperado de los seis modelos simulados.

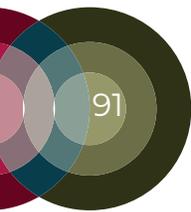
Figura 1. Dinámicas del comportamiento de la contaminación en la Actividad 3



Fuente: Elaboración propia

▪ **Evaluación**

En cada final de ronda de juego se revisa el gráfico obtenido discutiendo lo observado en la simulación de todos los grupos con preguntas sobre la comprensión de la actividad tales como: ¿Qué representa el ciclo del juego? ¿Qué representa cada ficha? ¿Qué ocurrió con la contaminación? ¿Por qué ese comportamiento? ¿Cómo se parece el proceso simulado a la realidad? Adicionalmente, se debe presentar el análisis del juego sobre cómo interpretaron los grupos la contaminación de este río, y cómo lo relacionan con el caso real de la comunidad que se visitó en la salida de campo.



A fin de reforzar lo aprendido, se asigna como actividad de consulta con los padres y vecinos, o con la comunidad que fue visitada en la Actividad 2^o, preguntar sobre cómo era la comunidad aledaña al río hace veinte años en cuanto a población, cuántos habitantes había y cómo se encontraban los recursos naturales y el río. En una actividad posterior se revisarán de nuevo los resultados del ejercicio con los datos de la consulta.

RESULTADOS

Se presentan, a continuación, los hallazgos que pueden considerarse más relevantes para la práctica docente y la aplicación de unidades didácticas en el aula con énfasis en actividades lúdicas y de simulación.

▪ Características de los participantes

La edad de los participantes oscila entre los trece y los dieciocho años, un promedio de 15,3 años, mientras que las condiciones socioeconómicas determinan que al estrato 1 pertenece el 43,3% (seis de género masculino [M] y siete femenino [F]), y al estrato 2 el 56,7% (once M y seis F).

Del total de estudiantes, el 50% son cerebro derecho (nueve F y seis M); esto indica que estos estudiantes aprenden haciendo, se dejan llevar por la intuición y no la lógica, son emocionales sensoriales y les gusta el trabajo en equipo; el 43% son cerebro central (cuatro F y nueve M); es decir, que aprenden escuchando, les gusta liderar procesos, requieren que se les asigne responsabilidades de liderazgo y compromiso; y el 7% son cerebro izquierdo (dos M), los cuales aprenden al observar el tablero, tienen facilidad con los números y se les dificulta expresar sus sentimientos.

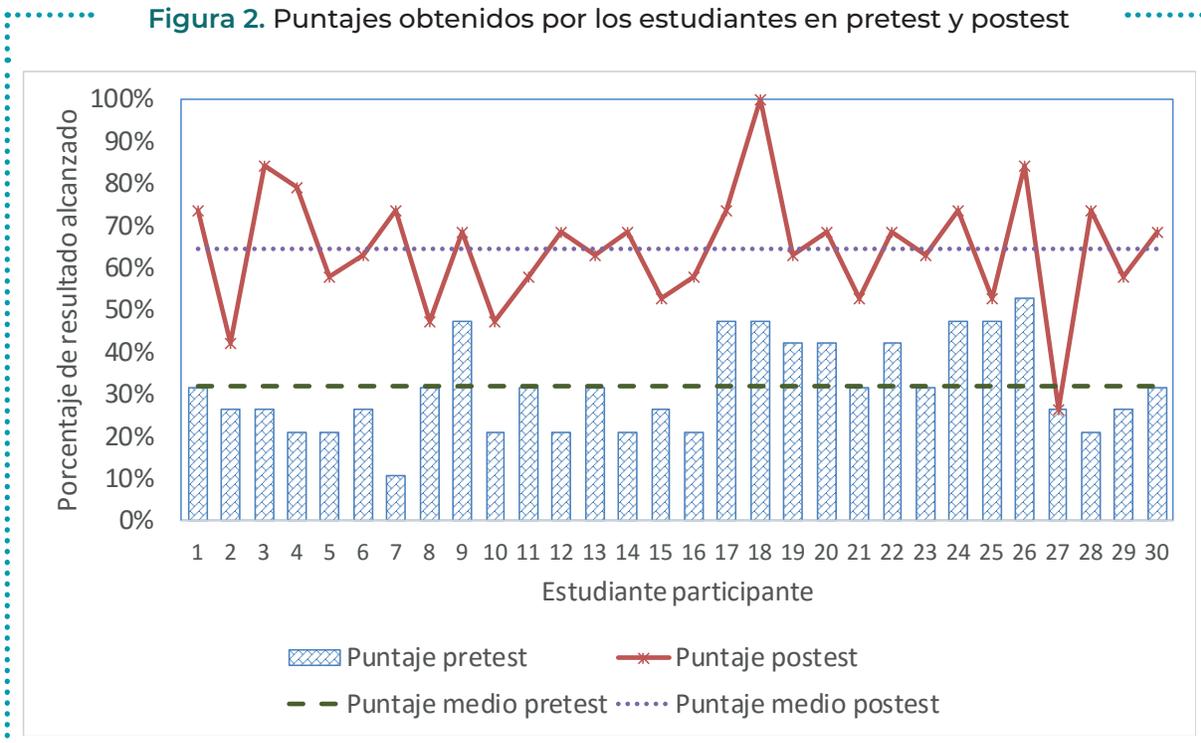
EVALUACIÓN DEL TEST APLICADO

El análisis cuantitativo evidenció que los estudiantes incrementaron el nivel de explicación científica del fenómeno estudiado. A excepción de un estudiante (el número 27), todos presentaron un incremento en el puntaje obtenido en el test, pasando de una media de 6,0 puntos en el pretest a 12,2 puntos en el postest, sobre un total máximo de diecinueve puntos, es decir, en el pretest se alcanzó una efectividad promedio de 31,8% y en el postest de 64,4%. Adicionalmente, en el

⁹ Debido a que puede ser necesaria una segunda salida de campo, una alternativa propuesta es que el docente prepare un video con algunas entrevistas que incluyan las preguntas de consulta a personas mayores de la comunidad visitada en la Actividad 2. En este caso, la actividad propuesta de refuerzo es ver el video y realizar un resumen con lo que más les llame la atención a los estudiantes.

pretest nueve estudiantes se ubicaron por encima de la media, mientras que en el postest fueron quince (Figura 2).

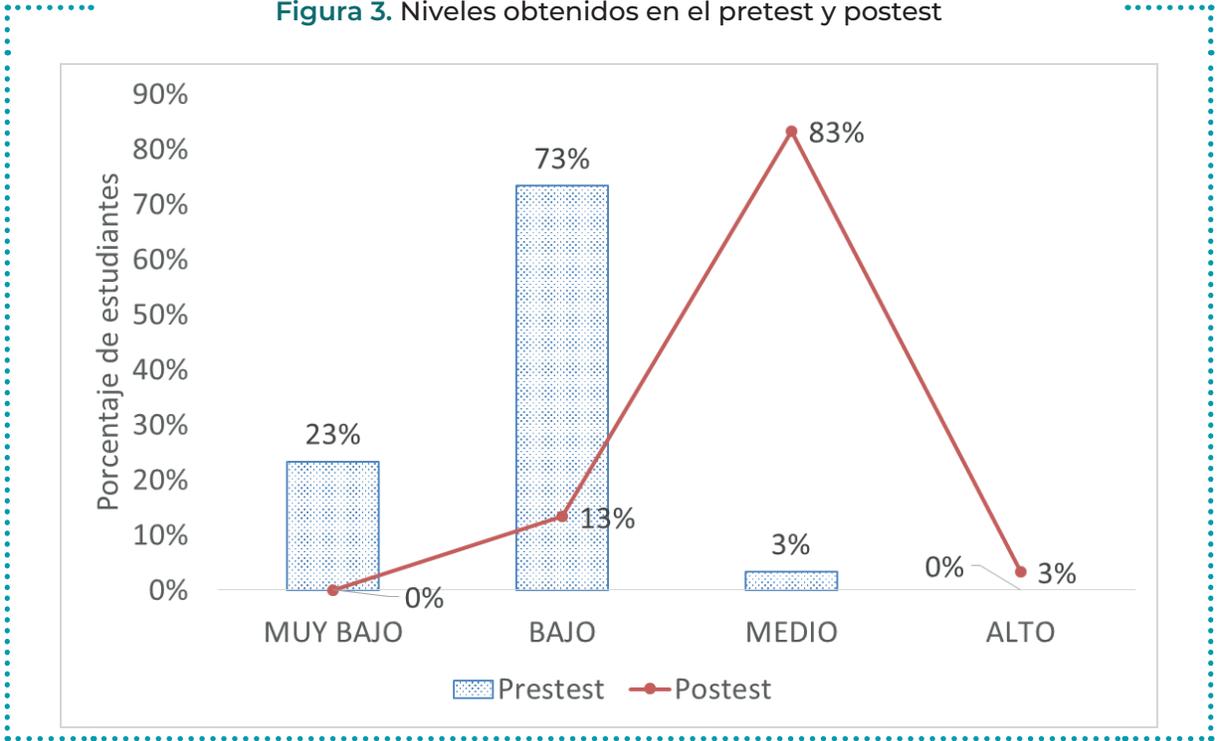
Figura 2. Puntajes obtenidos por los estudiantes en pretest y postest



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las categorías establecidas para evaluar el resultado del test, se observa que los estudiantes pasaron de niveles muy bajo o bajo a medio y alto, excepto para cuatro estudiantes (13%), quienes, aunque aumentaron o igualaron el puntaje inicial, se quedaron en la categoría baja. El avance más significativo se presenta en la categoría media, ya que se logra pasar de 3% en el pretest a 83% en el postest (Figura 3).

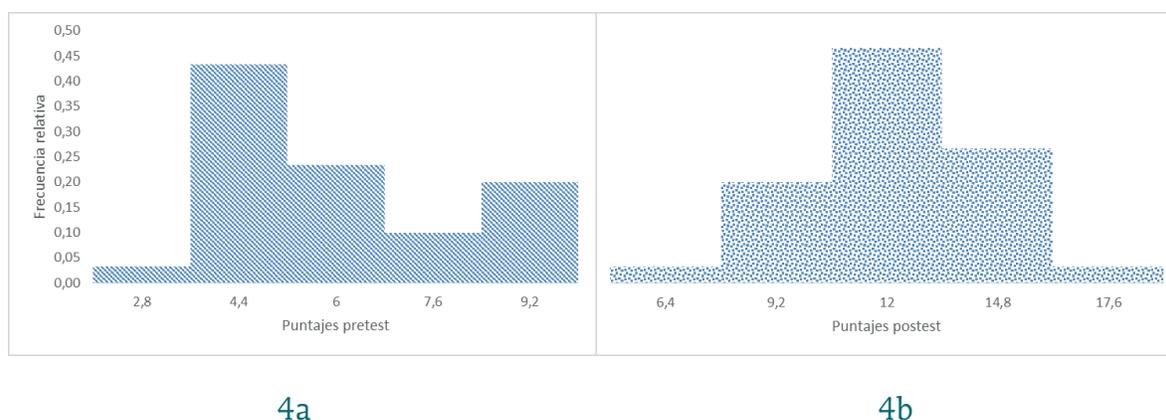
Figura 3. Niveles obtenidos en el pretest y postest



Fuente: Elaboración propia

Al aplicar la prueba de Wilcoxon para muestras dependientes, se encuentran diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre las medianas de los puntajes obtenidos entre el pretest y el postest, lo cual indica que hubo efecto positivo cuantitativo al ejecutar la unidad didáctica. Además, la distribución de los puntajes adquirió una forma más simétrica y acampanada propia de la distribución normal (Figura 4).

Figura 4. Forma de la distribución de los puntajes obtenidos por los estudiantes



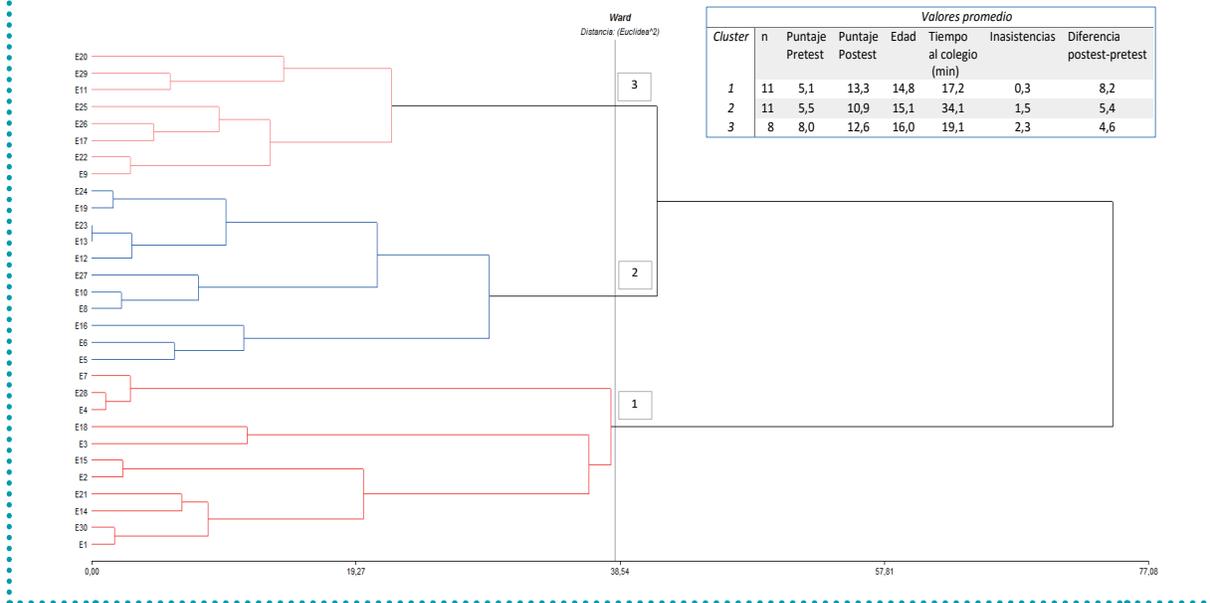
Fuente: Elaboración propia

EFFECTO DE ALGUNAS VARIABLES SOBRE LOS PUNTAJES OBTENIDOS

En el análisis de correlación de Spearman solo se identificaron relaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el grupo femenino, para la edad con relación al puntaje pretest ($r_s = 0,61$), posiblemente debido a que una mayor edad implica mayores conocimientos previos, y con la diferencia pretest-postest ($r_s = -0,55$), indicando que a una mayor edad menor progreso obtenido con relación a la calificación del test.

El análisis de clúster realizado muestra que pueden existir algunas variables que afectan el resultado de la implementación de la unidad didáctica y el puntaje del postest. Los resultados se evidencian a partir de los promedios obtenidos de los clúster conformados al realizar el análisis estadístico. Así, el tiempo que toman los estudiantes en llegar al colegio se encuentra asociado con un menor resultado de aprendizaje. Mientras que la falta de asistencia a las clases afecta el proceso, lo que evidencia que es necesaria la participación de los estudiantes en toda la unidad didáctica, ya que los mejores resultados en puntaje obtenido en postest como, por ejemplo, en progreso con relación a la condición inicial medida en el pretest, se presentan en estudiantes con menores inasistencias. Finalmente, la edad puede jugar un rol importante, ya que es posible que los estudiantes con menor edad obtengan mejores resultados en cuanto al progreso alcanzado y en el resultado final del postest (Figura 5).

Figura 5. Resultados del análisis de clúster usando el software Infostat



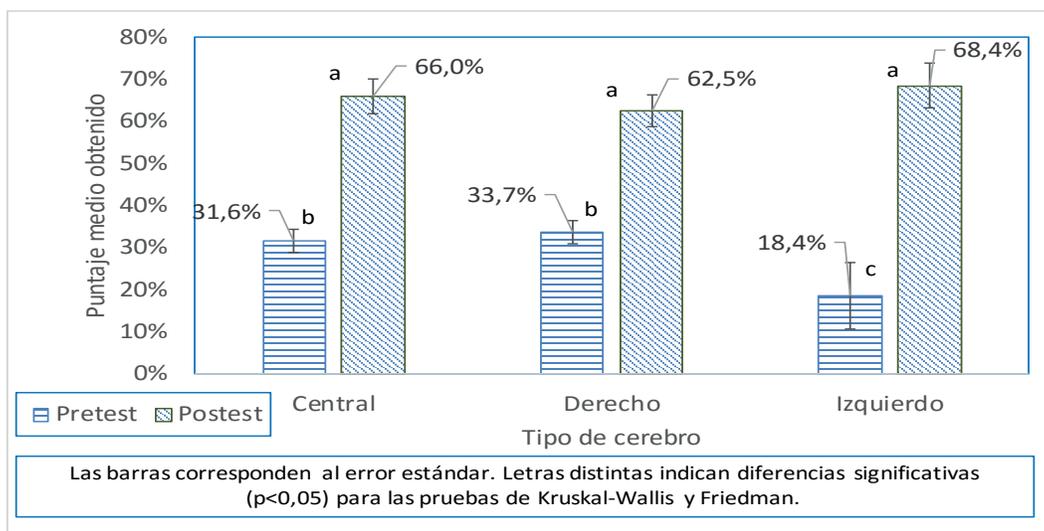
Fuente: Elaboración propia

EFFECTO DE LA CONFORMACIÓN TRIÁDICA DEL CEREBRO

Fue posible evidenciar un efecto del resultado del test cerebral y los puntajes obtenidos por los estudiantes. Al aplicar el test no paramétrico de Kruskal-Wallis se observa que los estudiantes clasificados como “cerebro izquierdo” obtienen los puntajes en el pretest significativamente más bajos con respecto a central y derecho. Adicionalmente, se evidenció que los estudiantes lograron avances significativos al ser desarrollada la unidad didáctica, ya que el postest dio resultados mayores, significativos con relación al pretest, en todos los grupos de estudiantes clasificados según tipo de cerebro. Otro resultado destacable es el relacionado con el postest, en el cual no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, lo que indica homogeneidad en los puntajes medios obtenidos. El mayor avance se observó en los estudiantes clasificados como cerebro izquierdo, quienes incrementaron el puntaje inicial en un 50% (Figura 6).

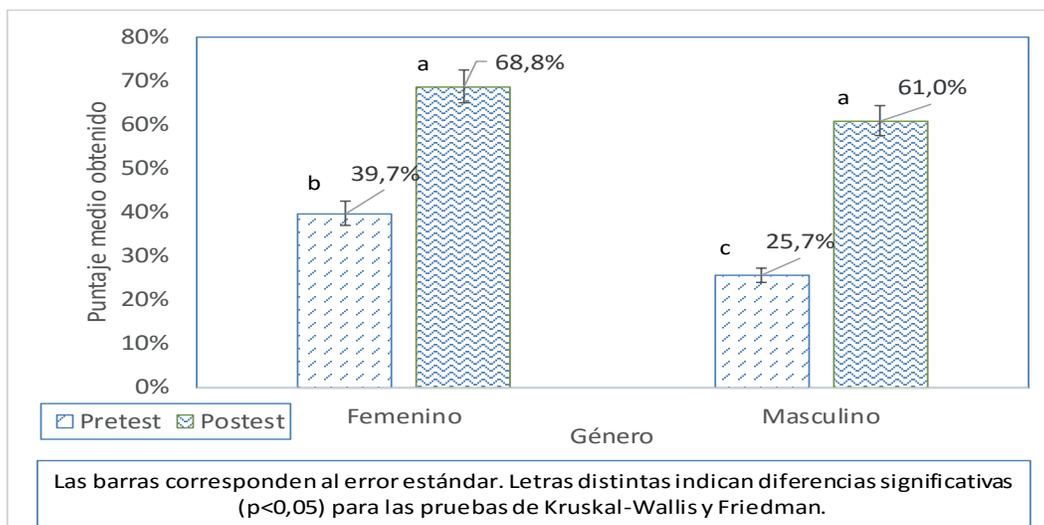
Al analizar el género, si bien existen diferencias significativas en el pretest, en el postest no se evidencian, lo que indica homogeneidad en los grupos, y se observa que los mayores avances se lograron en el grupo masculino, al pasar del 25,7% al 61% (Figura 7).

Figura 6. Efecto del tipo de cerebro en los puntajes obtenidos en el test

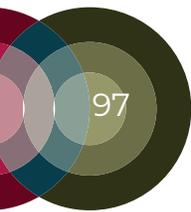


Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Efecto del género en los puntajes obtenidos en el test



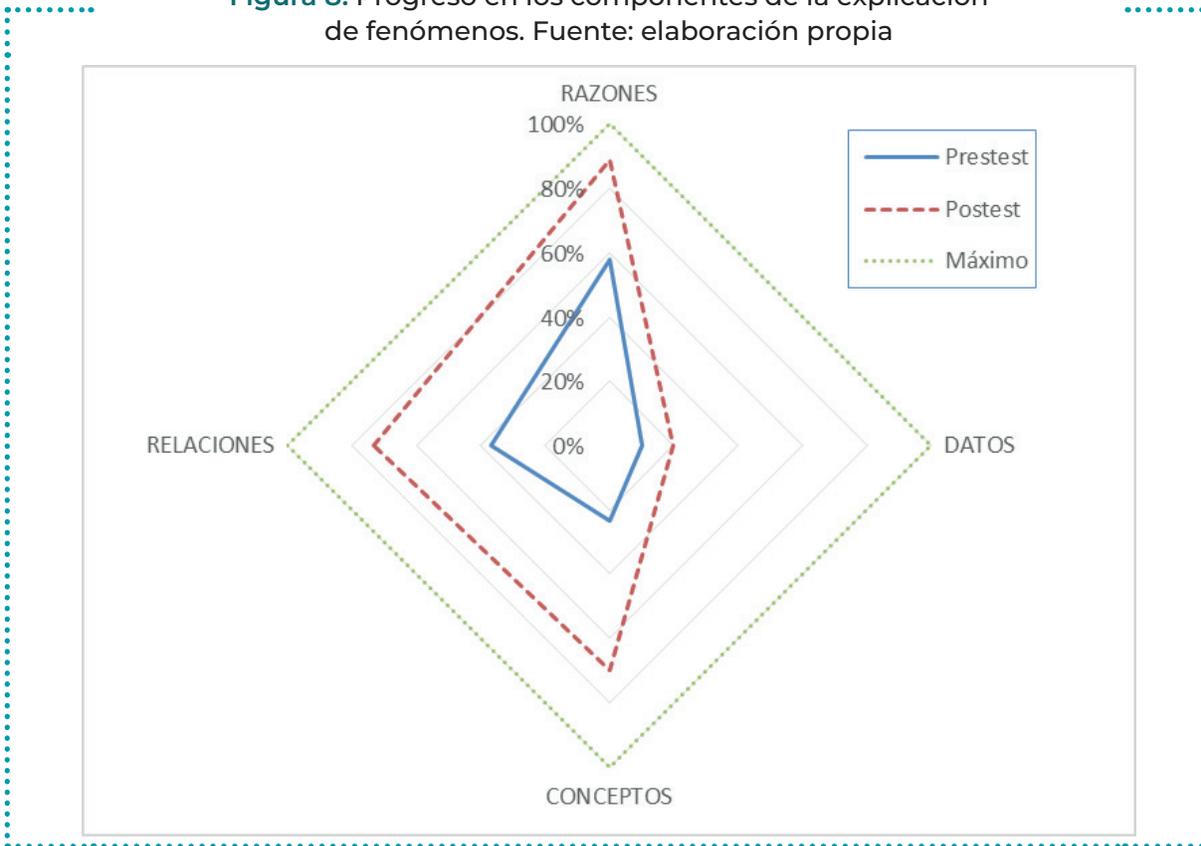
Fuente: Elaboración propia



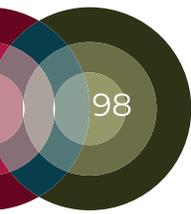
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA DE FENÓMENOS

Un estudiante explica fenómenos científicamente cuando es capaz de dar razones, datos, maneja conceptos y establece relaciones causales. La unidad didáctica implementada favoreció, principalmente, el incremento en las relaciones, los conceptos y las razones, al observarse un leve progreso en cuanto al uso de datos (Figura 8). Estos resultados indican el avance importante de los estudiantes en la apropiación de conocimientos sobre la contaminación de las fuentes hídricas y el efecto favorable de la implementación de la unidad didáctica.

Figura 8. Progreso en los componentes de la explicación de fenómenos. Fuente: elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Con relación al número promedio de razones, el uso de datos, los conceptos y las relaciones usando la prueba de Wilcoxon para muestras apareadas, se comprueba que hubo un incremento en la explicación científica de fenómenos, es decir, se evidencian diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los valores obtenidos de estas variables para los niveles de aprendizaje alto y medio. Se destaca esta última en el uso de relaciones, al corroborar el efecto favorable en la ejecución de la unidad didáctica.

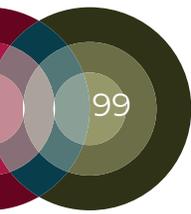
EFEECTO DE LA SALIDA DE OBSERVACIÓN SOBRE EL POSTEST

La experiencia obtenida con la “Actividad exploratoria 2: salida de observación a fuentes hídricas”, permitió incrementar el número de razones dadas y la calidad del argumento. Como ejemplo, uno de los estudiantes frente a la afirmación del test “Las corrientes de agua presentes en la región pueden estar contaminadas debido a las siguientes causas”, selecciona la opción dada como correcta: “El crecimiento de la población y la falta de educación en cuanto al manejo de aguas residuales”, a lo que adiciona las siguientes razones:

- En el pretest da una razón de su selección así: “porque si no hay buen manejo de las aguas van siendo contaminadas por las personas al arrojar basuras”.
- En el posttest da tres razones de su misma selección así: 1) “porque en la región hay un aumento de la población”; 2) “hay muchas basuras presentes en la fuente hídrica”; y 3) “no hay conocimiento sobre el tema de la contaminación”.

EFEECTO DE LA LÚDICA SIMULADA

A partir de los conceptos discutidos en la Actividad 3 desarrollada, el estudiante puede apropiarse de conceptos de causalidad al comprender que la dinámica del crecimiento afecta la posibilidad de recuperación del río y sus efectos. Esto se ve evidenciado en la “Actividad 6: diagrama causal la ruta de la contaminación”, en la cual el estudiante ya ha identificado el crecimiento poblacional como una de las causas de la contaminación de las fuentes hídricas. Al respecto, un grupo de estudiantes representa la siguiente lógica: “el crecimiento de la población aumenta la contaminación que es causada por residuos sólidos domésticos e industriales”. Además, relaciona las consecuencias como “la contaminación causa enfermedades como diarreas que afectan la mortalidad en los niños”, y otro grupo complementa al afirmar que “la contaminación con el tiempo produce escases de agua”.



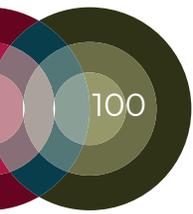
DISCUSIÓN

Estimular el desarrollo de la competencia “explicación científica”, con el propósito de crear sentido y significado en el estudiante (Labarrere y Quintanilla, 2002), es fundamental para la comprensión de fenómenos ambientales, tal como era el fin propuesto en el desarrollo de la unidad didáctica. Esto se logró incitando la búsqueda de razones, datos, conceptos y relaciones (Pozo y Gómez, 1998) del mundo natural y del fenómeno específicamente de la contaminación de las fuentes hídricas, y al contribuir a que el estudiante conociera el problema, se relacionara con él desde la lectura de su contexto en el recorrido por las fuentes hídricas, y desde el aula comprendiera cómo un fenómeno del contexto trae consecuencias para su vida y la comunidad.

En la valoración de la competencia “explicación científica” fue posible evidenciar que la unidad didáctica contribuye a una transición de mayor calidad en las explicaciones dadas del fenómeno de contaminación de fuentes hídricas por vertimientos domésticos. Si bien las explicaciones dadas por los estudiantes no corresponden a enunciados de textos, la elaboración dada es más satisfactoria en la evaluación del postest que en el pretest, con lo cual se cumple con lo establecido por Concari (2001) en cuanto al objetivo de la evaluación. Se ha logrado, entonces, mejorar la capacidad explicativa de los estudiantes que tiene como propósito superior afrontar los problemas ambientales de la sociedad en el sentido de la definición de los problemas planteados por Toulmin (1972).

La aplicación de unidades didácticas que involucren diversas actividades orientadas a diferentes estilos de aprendizaje puede contribuir a la aprehensión de los contenidos curriculares de una forma más homogénea en el grupo, de manera que reducen las brechas entre los conocimientos adquiridos por los estudiantes al final del proceso. En este estudio se observó que ningún estudiante retrocedió en el puntaje obtenido en el test realizado, lo que proporciona indicios para afirmar que este tipo de intervenciones en el aula crea, al menos, un efecto positivo que mejora el conocimiento del estudiante frente a un problema complejo como lo es la contaminación de fuentes hídricas, lo cual podría aplicarse a otros temas ambientales, como, por ejemplo, la deforestación, la contaminación del aire, la gestión de los residuos sólidos o el cambio climático.

Otro aspecto destacable es la configuración de la variabilidad de los datos en las pruebas de evaluación (pretest y postest), ya que se partió de un patrón asimétrico positivo, lo cual indica que la mayoría de los estudiantes obtuvieron un bajo rendimiento, de modo que se logró después de la intervención en el aula un patrón de distribución normal, con un incremento en la media del puntaje obtenido. Este resultado permite afirmar que la unidad didáctica, si bien no llega a dar uniformidad en el desarrollo de la competencia “explicación científica”, contribuye a distribuir



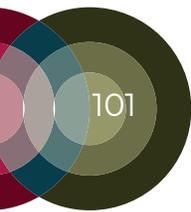
mejor el impacto del proceso de intervención y evidencia de nuevo el efecto positivo de la aplicación de la unidad didáctica.

La edad, la distancia para llegar el colegio y la asistencia a las actividades académicas pueden ser factores determinantes y limitantes del conocimiento adquirido. Los estudiantes que participaron de un alto porcentaje de las actividades de la unidad didáctica lograron mayor apropiación de nuevo conocimiento, lo cual indica, además, que las actividades propuestas lograron el impacto esperado.

El desarrollo de la competencia “explicación científica de fenómenos” fue importante porque posibilitó en el estudiante habilidades que le permitieron seleccionar información, categorizarla y crear relaciones relevantes entre ellas. Asimismo, la capacidad de comprender de manera más compleja (Sanmartí e Izquierdo, 1997) los fenómenos existentes. En este sentido, se observó una mayor apropiación conceptual y capacidad explicativa de la contaminación hídrica por vertimientos domésticos, con gran potencial de aplicación en otros problemas ambientales que se pueden abordar con propuestas similares.

Visto desde la perspectiva del docente, el aprendizaje se vuelve significativo, dado que es el estudiante quien termina por dar razones que explican el fenómeno, así como conceptos y datos que tenía de conocimientos previos (López, 2009), pero que no los sabía relacionar con los hechos científicos a fin de abordar la competencia y desarrollar las habilidades necesarias para la vida. A partir del desarrollo de la Actividad 3 propuesta, se puede observar que la simulación lúdica puede apoyar los procesos de aprendizaje al generar pensamiento sistémico, ya que es la representación abstracta y simplificada de un sistema la que se usa para predecir o explicar fenómenos científicos (Palmero, 2011), observarlos y comprenderlos mejor. Sin embargo, los resultados evidencian que es necesaria una mayor articulación con el manejo de datos y su fortalecimiento a partir de la integración de aspectos matemáticos en la unidad didáctica. Es decir, la complejidad de lo ambiental implica un enfoque más interdisciplinar que vincule otras áreas de conocimiento, tales como el lenguaje y las matemáticas. Se podrá, entonces, mejorar así la unidad didáctica a partir de las observaciones realizadas e invitar a otros docentes para que, de manera conjunta, se puedan integrar otras áreas de conocimiento en torno al desarrollo de la competencia de explicación científica de fenómenos ambientales.

Una posible aproximación se da desde el enfoque de simulación de esta área temática, la cual es concebible como una metodología de enseñanza-aprendizaje que compromete a los involucrados a participar activamente en la toma de decisiones e influye así en la forma y la naturaleza de su medio ambiente (Taylor, 1991). Existe también la posibilidad de aprender no solo acerca del pro-



ceso en estudio en la simulación, sino también acerca de la influencia externa que lo configura, de modo que se favorezca una mejor actuación en el contexto al que pertenecen.

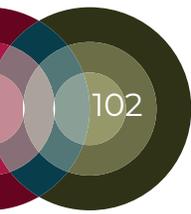
CONCLUSIONES

Planificar, estructurar y ejecutar unidades didácticas sobre problemas ambientales facilita el desarrollo de la competencia “explicación científica”, en la cual se pueden articular de forma exitosa actividades de simulación del fenómeno estudiado que ayudan a la comprensión de relaciones, las cuales pueden ser complejas, como es el caso de la contaminación de fuentes hídricas.

En el estudio se cuantificó el efecto de la intervención realizada en el aula sobre la competencia científica “explicación de fenómenos”, la cual se mejoró en el grupo de estudio al pasar de un 31,8% a un 64,4% en promedio. A través de la implementación de la unidad didáctica, el estudiante incrementó su conocimiento y le proporcionó elementos de aprendizaje que buscan mejorar sus habilidades, fortalecer las destrezas, desarrollar actitudes y aptitudes, así como apropiarse de conceptos y conocimientos que contribuyen a relacionar causas y consecuencias, comprender un fenómeno ambiental y dar datos y razones, plantearse preguntas y reconocer conceptos teóricos, además de proponer una actuación, es decir, pensar de manera creativa en posibles soluciones y decisiones en cuanto a nuevas situaciones presentadas o problemas de su contexto.

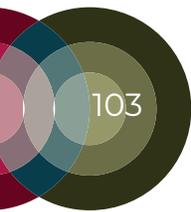
Se comprueba que hubo un incremento real en los estudiantes en el desarrollo de la competencia explicación científica de fenómenos, es decir, se evidencian diferencias estadísticamente significativas en los valores obtenidos de estas variables para los niveles de aprendizaje alto y medio, principalmente, y en el promedio general de las categorías analizadas. Lo planteado indica un efecto favorable en la implementación de la unidad didáctica y de la explicación del fenómeno de la contaminación de las fuentes hídricas, logrando que el estudiante conociera el problema, se relacionara con él desde la lectura de su contexto en el recorrido por las fuentes hídricas y desde el aula comprendiera cómo el fenómeno sucede, así como, desde el contexto, las consecuencias que puede traer para su vida y la comunidad.

Se debe continuar trabajando en el desarrollo de nuevas unidades didácticas relacionadas con otros temas de interés ambiental en el aula, como lo son la contaminación del aire, la generación y la gestión de residuos sólidos, la deforestación y la afectación de ecosistemas y especies de flora y fauna, el aprovechamiento sostenible de recursos naturales renovables y la explotación de recursos no renovables, los fenómenos de variabilidad climática y el cambio climático y la degradación de los suelos, entre otros.

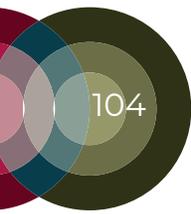


REFERENCIAS

- Ángel Maya, C. A. (1991). Ciencia, cultura y medio ambiente. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 26.
- Ángel Maya, C. A. (1997). *Desarrollo sostenible o cambio cultural*. Valle del Cauca, Colombia: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, Centro de Estudios Ambientales para el Desarrollo Rural, Fondo Mixto para la Promoción de la Cultura y las Artes del Valle del Cauca.
- Bautista, J. M. & López, N. R. (2002). El juego didáctico como estrategia de atención a la diversidad. *Agora Digital*, 4.
- Bernabeu, N. & Goldstein, A. (2008). *Creatividad y aprendizaje: El juego como herramienta pedagógica*. España: Narcea.
- Carder (Corporación Autónoma Regional de Risaralda). (2012). *Diagnóstico de riesgos ambientales del municipio de Belén de Umbría*. Recuperado de http://www.carder.gov.co/index.php/intradocuments/webDownload/diagnostico_de_risgos_ambientales_belen_de_umbria_12392
- Carrizosa, J. (2015). Medioambiente es más que flora y fauna. *Revista semana*. Recuperado de <http://www.semana.com/nacion/articulo/julio-carrizosa-explica-la-problematika-ambiental-en-colombia/441237-3>
- Carrizosa, J. (2014). *Colombia compleja*. Bogotá: Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Chamizo, J. A. & Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique. Didáctica de las Ciencias experimentales*, 51, 9-19.
- Concari, S. B. (2001). *Teorías y modelos en la explicación científica implicancias para la enseñanza de las ciencias*. Recuperado de <http://www.docencia.unt.edu.ar/biologiageneral/content/explicacionenlascienciasnaturales.pdf>
- Concepción, J. (2004). *Estrategia didáctica lúdica para estimular el desarrollo de la competencia comunicativa en idioma inglés de estudiantes de especialidades biomédicas*. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Centro de Estudio de Educación Superior, Facultad de Educación a Distancia.
- Cubillos, L. F. (2018). *La interdisciplinariedad en las ciencias ambientales: la problemática ambiental del territorio como categoría de investigación para los Estudios Ambientales*. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.
- De Gregori, W. (1999). *Construcción del poder de tus tres cerebros: educación familiar-escolar de los 3 cerebros: los secretos del aprendizaje, de la riqueza y de la felicidad*. Kimpres.
- González Cardona, M. Z. (2018). *Lúdicas y simulación de problemas ambientales; caso: lúdicas sistémicas. concepto: contaminación del agua por vertimientos domésticos*. Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira.



- Chiras, D. D. (2011). *Environmental science*. Jones & Bartlett Publishers.
- Gilbert, J., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). Models in explanations. Part 2. Whose voice? Whose ears? *International Journal of Science Education*, 20(2), 187-203.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (1998). *Modelos mentais e modelos físicos no ensino e na aprendizagem da física*. Ponencia presentada en el VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, realizado en Florianópolis, del 26 a 30 de octubre.
- Jiménez, C. A. (2002). *Lúdica y recreación*. Editorial Magisterio Colombia.
- Labarrere, A. & Quintanilla, M. (2002). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo*, 30(1), 121-137.
- Leff, E. (2000). Pensar la complejidad ambiental. En *La complejidad ambiental*. México: Editorial Siglo XXI, 7-53
- López, J. A. (2009). *La importancia de los conocimientos previos para el aprendizaje de nuevos contenidos*. Sevilla, España: CEIP.
- Masters, G. M. & Ela, W. P. (2008). *Introduction to environmental engineering and science* (3ª ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education International.
- MEN (Ministerio de Educación Nacional). (2013). *Secuencias didácticas en ciencias naturales educación básica primaria*. Bogotá.
- Palacios Rojas, N. (2004). La ciencia al alcance de todos: educación científica a través del juego y la diversión. *Revista Magisterio. Educación y Pedagogía*, 16, 74-77.
- Palmero, M. L. R. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. IN. *Investigación i Innovación Educativa i Socioeducativa*, 3(1), 29-50.
- Pedraza, F. P., Castillo, M. J., Ortiz, E. F., Toro, L. J., Castelblanco, Y. B. & Fernández, M. I. (2009). *Lineamientos generales Saber 2009 grados 5o y 9o*. Bogotá: Icfes.
- Pozo, I. & Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Ed. Morata.
- Quintanilla, G., Daza R. & Merino R. (2010). *Unidades didácticas en biología y educación ambiental. Su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico* (Vol. 4). Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Fondecyt.
- RCFA (Red Colombiana de Formación Ambiental). (2007). *Las ciencias ambientales como un área del conocimiento*. Bogotá.
- Sanmartí, N. (2005). *La unidad didáctica en el paradigma constructivista*. En D. Cousso, E. Badillo, G. Perafán y A. Adúriz Bravo (comp.). *Unidades Didácticas en Ciencias y Matemáticas: Cooperativa Editorial Magisterio*.



- Sanmartí, N. & Izquierdo, M. (1997). *Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar*. España: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Sweeney, L. B., Meadows, D. & Mehers, G. M. (2011). *The systems thinking playbook for climate change: a toolkit for interactive learning*. Verlag Nicht Ermittlbar.
- Taylor, J. L. (1991). *Guía sobre simulación y juegos para la educación ambiental*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0005/000569/056905so.pdf>
- Toro, J., Reyes, C., Martínez, R., Castelblanco, Y., Cárdenas, F., Granés, J. & Hernández, C. (2007). *Fundamentación conceptual área de ciencias naturales*. Icfes. Bogotá: Icfes.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding*. Princeton: Princeton University Press.
- Vygotsky, L. S. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores* (3ª ed.). Barcelona: Crítica.
- Zabalza, M. (2006). *Didáctica de la educación infantil* (4ª ed.). Madrid: Editorial Narce.
- Zeitoun, H. H. (1989). The relationship between abstract concept achievement and prior knowledge, formal reasoning ability and gender. *International Journal of Science Education*, 11(2), 227-234.