

INNOVANDO EN CIENCIAS NATURALES: LA ENSEÑANZA BASADA EN LA INDAGACIÓN PARA LA COMPRENSIÓN DE CONCEPTOS CIENTÍFICOS

Innovating in natural science: inquiry-based teaching for understanding scientific concepts

Zalathiel Cárdenas Bonilla

Secretaría de Educación de Cali. Cali-Colombia

© <https://orcid.org/0000-0002-7313-9965>

✉ d.nsf.zalathiel.cardenas@cali.edu.co

Patricia Medina Agredo

Universidad Santiago de Cali. Cali-Colombia

© <https://orcid.org/0000-0002-5462-4017>

✉ patricia.medina@usc.edu.co

Luis Hernando Tamayo Llanos

Universidad Santiago de Cali. Cali-Colombia

© <https://orcid.org/0000-0002-6851-3449>

✉ htamayo@usc.edu.co

Resumen. El presente artículo muestra los resultados del diseño y la implementación de una secuencia didáctica que, desde el enfoque de enseñanza basado en la indagación, permitió a estudiantes de grado quinto de una institución educativa de la ciudad de Cali, la construcción y el aprendizaje del concepto estructurante de materia y sus propiedades. Para hacerlo, se analizaron las respuestas dadas por 22 estudiantes a un mismo cuestionario en dos momentos diferentes. La metodología que se utilizó fue cuantitativa. Las actividades de aprendizaje propuestas en la secuencia didáctica, se estructuraron en tres

Cita este capítulo

Cárdenas Bonilla, Z.; Tamayo Llanos, L. H. y Medina Agredo, P. (2022). Innovando en ciencias naturales: la enseñanza basada en la indagación para la comprensión de conceptos científicos. En: Villota Enriquez, J. A.; González Valencia, H. y Medina Agredo, P. (eds. científicos). Educación y sociedad: cambios y transformaciones desde la ciencia y la tecnología. (pp. 79-107). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

momentos: exploración, introducción y estructuración de nuevos conocimientos y aplicación. Como parte de la investigación y con el propósito de determinar las transformaciones cognitivas de los estudiantes posteriores a la intervención, se hizo el análisis de los datos mediante la “Prueba de Hipótesis” que permitió validar o rechazar el supuesto de que los estudiantes comprenden de manera significativa el concepto estructurante de materia y sus propiedades con actividades de aprendizaje, organizadas en una secuencia didáctica en la que se privilegia la enseñanza por indagación.

Palabras claves: Concepto estructurante, materia, propiedades de la materia, indagación, secuencia didáctica.

Abstract. This article shows the results of the design and implementation of a didactic sequence which from the inquiry-based teaching approach, allowed fifth grade students of an educational institution in the city of Cali, the construction and learning of the structuring concept of matter and its properties. The responses given by 22 students to the same questionnaire at two different times were analyzed. The methodology used was quantitative. The learning activities proposed in the didactic sequence were structured in three moments: exploration, introduction and structuring of new knowledge and application. As part of the research and with the purpose of determining the cognitive transformations of the students after the intervention, the analysis of the data was carried out using the Hypothesis Test, which allowed to validate or reject the assumption that the students significantly understand the structuring concept of matter and its properties with learning activities, organized in a didactic sequence in which teaching by inquiry is privileged.

Keywords: Structuring concept, matter, properties of matter, inquiry, didactic sequence.

Introducción

Investigaciones recientes sobre la enseñanza de las ciencias, señalan la importancia de su abordaje desde la comprensión de conceptos estructurantes. Estos conceptos permiten la integración de las diversas disciplinas que conforman las ciencias naturales (biología, química, física) y propician en los estudiantes la comprensión del funcionamiento de su mundo natural (Gagliardi, 1986). En tal sentido, los conceptos estructurantes no son temas de un programa sino ejes articuladores que permiten la construcción de nuevos conocimientos. Desde esta perspectiva Gil Pérez (1993) sugiere algunos conceptos que podrían considerarse como estructurantes en las ciencias naturales, tales como: diversidad, sistema, interacción, cambio, ciclo, estructura, equilibrio, materia y energía.

Pozo y Gómez (1998) y Gil (1983) afirman que la enseñanza de las ciencias en la escuela se ha basado en la transmisión de datos, conceptos y teorías que limitan a los estudiantes a un aprendizaje memorístico, y que dista de la posibilidad de comprender la ciencia y desarrollar el pensamiento crítico necesario para entender los fenómenos del mundo real. Esto pone de manifiesto la necesidad de desarrollar acciones que promuevan aprendizajes significativos para la comprensión de conceptos científicos que puedan ser incorporados a la estructura cognitiva del estudiante (Ausubel, 1968).

Cobra sentido presentar a los estudiantes situaciones de aprendizaje que les permitan involucrarse activamente desde el punto de vista intelectual. En esta dirección, el enfoque de enseñanza basado en la indagación se presenta como una alternativa para que los estudiantes desarrollen progresivamente competencias científicas como investigar, construir conocimiento y comprender el mundo que los rodea (IAP, 2010). A través de la indagación los estudiantes tienen la oportunidad de vivenciar actividades propias de un científico, como formular preguntas, recolectar datos, razonar, analizar pruebas, sacar conclusiones y discutir resultados.

El diseño de situaciones de aprendizaje por medio de secuencias didácticas, se presenta como una oportunidad para abordar esta enseñanza de las ciencias por indagación. En las secuencias, se puede proponer a los estudiantes, problemáticas que promuevan una cultura investigativa dentro de la clase (Furman y Podestá, 2009). Por lo anterior, este trabajo plantea la hipótesis de que un grupo de estudiantes de grado quinto puede comprender de manera significativa el concepto estructurante de materia y sus propiedades a través de un enfoque de enseñanza basado en la indagación, mediante una serie de actividades de aprendizaje organizadas en una secuencia didáctica.

Enseñanza de las ciencias basada en la indagación

El concepto de indagación fue presentado por primera vez en 1910 por el pedagogo estadounidense John Dewey, formulando una crítica al énfasis que se hacía en la acumulación de información cuando se enseñaba ciencias, dejando de lado el desarrollo de actitudes y habilidades necesarias para su actividad. Desde aquel momento muchos investigadores y docentes han utilizado este término. Aunque pareciera no existir un consenso sobre su definición, ciertos autores la asocian al fomento de la curiosidad y el cuestionamiento, otros al desarrollo de estrategias de aprendizaje y otros al desarrollo de habilidades necesarias para la experimentación (Barrow, 2006, citado en Reyes y Padilla, 2012).

Recientemente se relaciona la indagación con el trabajo que hacen el investigador y el científico para acercarse y comprender el mundo natural (Hansen, 2002). La indagación depende de la actividad en la que se centra y del actor que la desarrolla. Por ejemplo, hablamos de indagación científica para referirnos al trabajo que hace el científico o científica de aprendizaje basado en indagación, en el laboratorio, para referirnos a lo que hacen y aprenden los estudiantes y de enseñanza basada en la indagación para señalar lo que saben y hacen los profesores en sus clases (Anderson, 2007, citado en Reyes y Padilla, 2012).

La enseñanza basada en la indagación, parte de presentar a los estudiantes preguntas guías para ser respondidas, problemas para ser resueltos y observaciones para ser explicadas (Bateman, 1990, citado en Rivas, 2013). De esta manera la enseñanza de las ciencias basada en la indagación debe ser tanto un medio como un fin para la enseñanza (Garritz, 2006).

Tipos de enseñanza basada en la indagación

Existe una estrecha relación entre la enseñanza basada en la indagación y el enfoque constructivista, en tanto ambos guían al estudiante a construir su propio conocimiento a partir de sus experiencias previas. En el proceso de enseñanza a través de la indagación, los estudiantes resuelven problemas mediante la discusión de preguntas guiadas que facilitan el aprendizaje de conceptos científicos y el desarrollo de competencias. Se construyen modelos, se promueven habilidades de pensamiento científico, se viven experiencias significativas y se desarrolla la creatividad (Rivas, 2013).

Para una mejor comprensión de los tipos de indagación y su posible implementación en el aula, Hansen (2002) propone cuatro tipos: limitada, estructurada, guiada y abierta; teniendo en cuenta las acciones que realiza el estudiante y el rol del docente. Estas podrían considerarse de menor a mayor grado dependiendo su nivel de complejidad (imagen 1).

Imagen 1. Tipos de enseñanza basada en la indagación.



Fuente: Intel Educar (2010).

En la indagación limitada el profesor dirige y los estudiantes siguen instrucciones. En la indagación guiada el docente apoya al estudiante para resolver una pregunta de investigación, selecciona los materiales con anticipación y entrega al estudiante algunas preguntas que guíen su investigación. En la indagación abierta el estudiante diseña su protocolo de investigación partiendo de una pregunta, realiza el procedimiento para alcanzar la respuesta, plantea hipótesis, analiza y comunica resultados. Finalmente, la indagación estructurada puede considerarse una combinación entre la abierta y la guiada, puesto que el profesor selecciona la pregunta a investigar, pero el estudiante toma las decisiones para llegar a las respuestas. En esta investigación se determinó utilizar la indagación guiada, en tanto se entregaba a los estudiantes las guías de laboratorio con una pregunta que guiaría la práctica y que tendría que dar respuesta durante cada sesión.

Currículo y concepto estructurante de materia

Los estudios e investigaciones curriculares en ciencias se iniciaron a finales de los años 50 en Estados Unidos y posteriormente se extendieron a Europa. Estas propuestas buscaban el mejoramiento en la enseñanza de las ciencias y el desarrollo de la educación científica.

En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional publicó los *Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental* con el propósito de señalar horizontes, que permitieran ampliar la comprensión del papel de las ciencias naturales en la formación integral de las personas (MEN, 1998). Estos lineamientos contienen las orientaciones conceptuales pedagógicas y didácticas para el diseño y desarrollo curricular en ciencias naturales desde preescolar hasta grado once.

Dado el auge de la educación por competencias, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia publicó en 2004 los *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales*, producto de discusiones con académicos y las facultades de Educación del país. Los estándares, son criterios claros y públicos que buscan orientar el desarrollo de habilidades científicas y actitudes requeridas para explorar fenómenos y para resolver problemas.

En la imagen 2 es posible evidenciar la estructura de los *Estándares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental*, organizada en tres columnas que denotan las acciones de pensamiento y de producción concreta que los estudiantes deben realizar. Específicamente la columna *manejo conocimientos propios de las ciencias naturales*, se subdivide en tres subcolumnas que especifican las acciones de pensamiento necesarias para producir el conocimiento propio de las ciencias naturales: entorno vivo, entorno físico y ciencia, tecnología y sociedad.

Imagen 2. Estructura de los estándares de ciencias naturales.

Primera columna	Segunda columna			Tercera columna
...me aproximo al conocimiento como científico-a natural	...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales			...desarrollo compromisos personales y sociales
• Observo el mundo donde vivo. • Hago preguntas a partir de una observación o experiencia y escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas. • Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas. • Identifico condiciones que influyen en los resultados de una experiencia y que pueden permanecer constantes o cambiar (variables).	Entorno vivo • Explico la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos.	Entorno físico • Describo y verifico el efecto de la transferencia de energía térmica en los cambios de estado de algunas sustancias.	Ciencia, tecnología y sociedad • Identifico máquinas simples en objetos cotidianos y describo su utilidad.	• Escucho activamente a mis compañeros, reconozco puntos de vista diferentes y los comparo con los míos. • Reconozco y acepto el escepticismo de mis compañeros ante la información que presento.

Fuente: Ministerio de Educación Nacional.

Los estándares se organizan por conjuntos de grados. Así, el ciclo uno corresponde a los grados primero, segundo y tercero, el ciclo dos a los grados cuarto y quinto, el ciclo tres a los grados sexto y séptimo, el ciclo cuatro a los grados octavo y noveno y el ciclo cinco a los grados diez y once. Si analizamos el concepto estructurante de materia y sus propiedades –objeto de esta investigación–, nos daremos cuenta que tiene relación con las acciones de pensamiento y de producción concreta del entorno físico. El entorno físico, “se centra en el desarrollo de las competencias que permiten establecer la relación de diferentes ciencias naturales para entender el entorno donde viven los organismos, las interacciones que se establecen y explicar las transformaciones de la materia” (MEN, 2004, p. 13). Y desde los estándares, se espera que los estudiantes de los grados cuarto y quinto, se ubiquen en el universo y en la tierra e identifiquen las características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno.

En esta misma línea de desarrollo curricular, y con el fin de hacer un mayor énfasis en los aprendizajes estructurantes que deben desarrollar los estudiantes en cada grado, en 2016 el Ministerio de Educación Nacional de Colombia publicó los *Derechos Básicos de Aprendizaje* DBA, los cuales se organizan guardando coherencia con los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de Competencias. Los DBA plantean elementos para construir rutas de enseñanza que promueven la consecución de aprendizajes (MEN, 2016).

En la tabla 1 podemos apreciar cómo en los cinco grados de básica primaria, se enfatiza en algunos aprendizajes asociados al concepto de materia y sus propiedades. En los primeros grados se abordan las características y propiedades de la materia y sus estados físicos, mientras que en los grados cuarto y quinto en sus transformaciones y propiedades. Lo anterior permitiría pensar en una progresión de este concepto, partiendo del reconocimiento de sus características para llegar a la comprensión de sus propiedades.

Tabla 4. Algunos derechos básicos de aprendizaje relacionados con el concepto de materia.

Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto
Comprende que existe una gran variedad de materiales y que éstos se utilizan para distintos fines, según sus características (longitud, dureza, flexibilidad, permeabilidad al agua, solubilidad, ductilidad, maleabilidad, color, sabor, textura).	Comprende que las sustancias pueden encontrarse en distintos estados (sólido, líquido y gaseoso).	Comprende la influencia de la variación de la temperatura en los cambios de estado de la materia, considerando como ejemplo el caso del agua.	Comprende que existen distintos tipos de mezclas (homogéneas y heterogéneas) que de acuerdo con los materiales que las componen pueden separarse mediante diferentes técnicas (filtración, tamizado, decantación, evaporación).	Comprende que algunos materiales son buenos conductores de la corriente eléctrica y otros no (denominados aislantes) y que el paso de la corriente siempre genera calor.

Fuente: Derechos Básicos de Aprendizaje en Ciencias (2016)

Secuencias didácticas en ciencias naturales.

Según Díaz-Barriga (2013) “[...] las secuencias didácticas constituyen una organización de las actividades de aprendizaje que se realizarán con los estudiantes y para los estudiantes, con la finalidad de crear situaciones que les permitan desarrollar un aprendizaje significativo” (Díaz, 2013, p1). En una secuencia didáctica se establece una serie de actividades de aprendizaje que tienen relación entre sí, partiendo de conocer las ideas que tienen los estudiantes sobre un concepto, fenómeno o situación de la vida real. Las actividades de la secuencia didáctica permiten que el estudiante vincule sus conocimientos y experiencias con un problema de su cotidianidad.

La visión de hacer ciencia escolar enfatiza la necesidad de generar propuestas de enseñanza que sitúe a los estudiantes en un rol activo desde el punto de vista cognitivo. Este hacer se refiere a un proceso

intelectual que involucra lo que se sabe para aprender cosas nuevas (Furman y Podestá, 2009). En la práctica implicaría que el aprendizaje de conceptos científicos se enmarque en situaciones de enseñanza en las que los estudiantes tengan la posibilidad de desarrollar habilidades para construir conocimiento científico.

Furman (2012) plantea algunas recomendaciones para el diseño de secuencias didácticas en ciencias naturales coherentes con el enfoque de enseñanza basado en la indagación. Entre ellas encontramos:

- Llevar las situaciones a contextos cotidianos que permitan a los estudiantes comprender lo que están aprendiendo y aplicarlo en el mundo real.
- Plantear objetivos claros, tanto conceptuales, como de desarrollo de habilidades científicas.
- Enmarcar los experimentos en investigaciones guiadas, en las que exista una pregunta a responder.
- Incluir textos que relaten episodios de la historia de la ciencia en los que se describan preguntas, investigaciones y debates de otras épocas.

Furman (2012) plantea la estructura básica de una secuencia didáctica en ciencias naturales (Furman, 2012, p. 49):

1. Breve introducción conceptual que describa el enfoque pedagógico y las particularidades del área.
2. Visión general de la secuencia, propósitos generales de aprendizaje y descripción del desarrollo.
3. Secuencia de clases de acuerdo al tema a tratar, detallar brevemente algunos aspectos de cada sesión.
4. Planificación de cada sesión que incluya los objetivos de aprendizaje, el desarrollo de la sesión, las intervenciones para guiar el aprendizaje de los estudiantes, las tareas y la organización en general.

5. Profundizaciones conceptuales para los docentes que le permitan clarificar y ampliar conceptos involucrados en la secuencia didáctica y el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido.
6. Propuestas de evaluación de los aprendizajes.
7. Bibliografía y recursos recomendados.

Tomando esta propuesta de configuración didáctica se diseñó una secuencia que incorpora los elementos anteriormente mencionados y sigue los momentos del aprendizaje propuestos en el ciclo de Karplus (1977, citado en Furman y Podestá, 2012), a saber: momento de exploración, momento de presentación y explicación de nuevos conceptos y momento de aplicación.

Diseño metodológico

La presente investigación responde a un diseño cuantitativo, en tanto busca comprobar la hipótesis que los estudiantes pueden comprender de manera amplia y significativa el concepto estructurante de materia y sus propiedades, a través de una serie de actividades de aprendizaje organizadas en una secuencia didáctica, en la que se privilegia la enseñanza por indagación. Este tipo de investigaciones, privilegia los datos numéricos y espera que en su recopilación, análisis y presentación se obtengan resultados más confiables (Hernández-Sampieri, 2018). Este trabajo corresponde a una investigación no experimental dado que observó y analizó un fenómeno educativo dentro de un aula de clase en su contexto natural, sin manipulación alguna.

Para comprobar la hipótesis formulada se hizo uso de “La prueba de hipótesis” que examina un supuesto sobre una población contrastando la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. La hipótesis nula es el enunciado que se probará y la hipótesis alternativa es el enunciado que se desea, de acuerdo con la evidencia proporcionada por los datos. Dado lo anterior, se planteó una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alternativa (H_1). Si $p < \alpha$ entonces se rechaza H_0 . Pero si $p \geq \alpha$

entonces se rechaza la hipótesis alternativa (Levine & Krehbiel, 2006, citado en Micolta 2017).

- Una hipótesis nula (H_0) es analizada como:
 $H_0 = \pi_1 = \pi_2$ Si $\pi_1 = \pi_2$ entonces la intervención no sirvió o no fue significativa.
- Y una hipótesis alternativa (H_1) es analizada como:
 $H_1 = \pi_1 \neq \pi_2$ Si $\pi_1 \neq \pi_2$ entonces la intervención sirvió o fue significativa.
- π_1 = valor hipotético obtenido antes de la intervención y π_2 = valor hipotético después de la intervención.
- Para hallarlo se tiene: $\pi = \frac{pn}{n}$ donde p = número de individuos que dan una determinada respuesta y n = número total de individuos (Micolta, 2017).

Se diseñó un cuestionario (ver anexo 1) de ocho preguntas abiertas sobre situaciones cotidianas que involucran propiedades de la materia como la masa, la densidad, el volumen, la dureza y los resultados se organizaron utilizando tópicos y categorías de análisis. Esto, con el fin de contrastar y hacer un análisis comparativo entre las respuestas dadas por los estudiantes al mismo cuestionario en un momento inicial (antes de la implementación de la secuencia didáctica) y en un momento final (después de la implementación de la secuencia didáctica).

Los objetivos de cada pregunta se detallan a continuación:

- **Pregunta 1:** conocer si los estudiantes relacionan que la masa de un objeto depende del material del que está hecho.
- **Pregunta 2:** conocer los razonamientos de los estudiantes sobre por qué dos objetos que tiene la misma masa pueden flotar o hundirse al modificar su forma.
- **Pregunta 3:** interrogar a los estudiantes sobre cuál de los estados físicos de la materia tiene la capacidad de fluir, con el fin de

determinar si atribuyen esta posibilidad solo a los líquidos o solo a los gases.

- **Pregunta 4, 5, 6 y 7:** conocer las ideas de los estudiantes con relación al volumen, lo que ocurre cuando un líquido se pasa de un recipiente a otro, las variaciones, su medición y cómo determinar el volumen de un objeto.
- **Pregunta 8:** conocer las ideas de los estudiantes acerca de la dureza como una propiedad física de la materia.

En el cuestionario se utilizaron preguntas abiertas, dado que estas permiten llevar a cabo un sondeo menos superficial y percibir las actitudes, opiniones, motivaciones y significados de un individuo (Aigner, 2010). Las respuestas dadas por los estudiantes se categorizaron de acuerdo a rasgos comunes y se clasificaron en cinco niveles de desempeño:

- **Satisfactorio:** las respuestas dadas son necesarias y suficientes y se basan en conceptos y teorías científicas, adaptadas al lenguaje del estudiante.
- **Parcial:** las respuestas dadas son necesarias, pero no suficientes, se basan en conceptos y teorías científicas, pero de manera incompleta.
- **Insatisfactorio:** las respuestas dadas no son necesarias, ni suficientes, por lo general son incompletas y no se basan en teorías o conceptos científicos.
- **Deficiente:** las respuestas dadas no corresponden o no tienen relación alguna con la pregunta.
- **No sabe o no responde:** el estudiante deja el espacio en blanco o manifiesta no saber ni recordar la respuesta.

Este diseño que es cuantitativo y no experimental, corresponde a un diseño longitudinal que se fundamenta a partir de la hipótesis anteriormente mencionada y busca recoger datos sobre categorías, sucesos en el aprendizaje de un grupo de estudiantes, variables y sus rela-

ciones en dos o más momentos para observar las transformaciones que los estudiantes hacen en su comprensión del concepto de materia y sus propiedades. Aunque existen tres tipos de diseño longitudinal, la presente investigación se sitúa en un diseño longitudinal de panel, dado que analiza el mismo grupo de sujetos (estudiantes) durante diferentes tiempos y momentos cronológicos (implementación de la secuencia didáctica). Con relación a las variables dependiente e independiente, la dependiente tiene que ver con la implementación de la secuencia didáctica a través del enfoque de enseñanza basado en la indagación y la variable independiente está asociada a la comprensión que los estudiantes alcanzan del concepto de materia y sus propiedades.

La aplicación de la secuencia didáctica se llevó a cabo durante cinco sesiones de clase de dos horas cada una, con estudiantes de grado quinto de la Institución Educativa Isaías Gamboa de la ciudad de Cali y en cada una se trabajó una guía de laboratorio que contenía: una pregunta de indagación guiada, instrucciones para el desarrollo de los laboratorios y entre una y dos preguntas relacionadas con la experiencia trabajada. Los datos obtenidos en el cuestionario aplicado al inicio y al final, se organizaron en tablas y se graficaron utilizando el programa Microsoft Excel. Adicionalmente se utilizó un complemento de Excel denominado Megastat, que permite a través de la prueba de hipótesis con enfoque en valor p , contrastar y comparar si la respuesta obtenida para una pregunta, al final de la aplicación de la secuencia fue significativa o no, luego de compararla con un indicador teórico del nivel de significancia $\alpha = 0,05$ (a es en intervalo de confianza, un α de 0,05 indica un nivel de confianza del 95%).

Resultados

Análisis comparativo de las respuestas de los estudiantes antes y después de implementar la secuencia didáctica

En este punto se pretende mostrar las diferencias en las respuestas dadas por los estudiantes al mismo cuestionario antes y después de implementar la secuencia didáctica. Estas se verifican a través de la prueba de hipótesis, a fin de determinar si la intervención fue significativa o no; así mismo, se analizan los factores que influyeron en la ocurrencia de los posibles cambios. En las tablas que se presentan a continuación se pueden observar las columnas *Aplicación inicial* y *Aplicación final* con los datos de frecuencia y porcentaje de respuestas satisfactorias durante la aplicación inicial y en la aplicación final.

Pregunta No 1: mediante esta pregunta se pretendía conocer si los estudiantes relacionan que la masa de un objeto depende del material del que está hecho.

Tabla 5. Respuestas de los estudiantes a la pregunta 1.

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Masa independiente del material	Satisfactorio	3	13,63%	18	81,82%
Masa independiente del material pero dependiente del tamaño	Parcial	4	18,18%	4	18,18%
Masa dependiente del material	Insatisfactorio	9	40,90%	0	0,00%
Masa dependiente del peso	Deficiente	6	27,27%	0	0,00%
	NS/NR	0	0%	0	0,00%

Fuente: elaboración propia (2018).

Previo a la implementación de la secuencia, el 13,63% de los estudiantes consideraba que algunos objetos tienen la misma masa sin importar el material del que están hechos, el 18,18% que algunos objetos tienen la misma masa porque pesan lo mismo, el 40,90% que el acero tiene mayor masa porque tiene más masa que los otros materiales y el 27,27% que el acero tiene más masa porque pesa más. Posterior a la aplicación de la secuencia, se observó que el porcentaje de estudiantes en nivel insatisfactorio y deficiente pasó del 68,17% al 0,00%, así mismo, el 18,18% de los estudiantes continúa asociando la masa al tamaño y el material del que está hecho. Por su parte, el número de estudiantes en nivel satisfactorio pasó de 13,63% a 81,82% lo que evidencia una comprensión de los estudiantes con relación a la independencia de la masa del material y del tamaño. Este incremento es significativo, al compararlo por medio de la prueba de hipótesis, pues el indicador obtenido, $p = 0.00000597$, es menor que el valor del indicador teórico $\alpha = 0,05$.

Pregunta No 2: con esta pregunta se pretende conocer los razonamientos de los estudiantes sobre porqué dos objetos que tienen la misma masa pueden flotar o hundirse si se modifica su forma.

Tabla 6. Resultados de los estudiantes a la pregunta 2

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Flotación en relación a la forma del objeto	Satisfactorio	5	22,77%	17	77,27%
Flotación por ser liviano	Parcial	7	32,81%	0	0,00%
Flotación en relación al peso	Insatisfactorio	7	32,81%	5	22,73%
Flotación en relación a causas externas	Deficiente	2	9,09%	0	0,00%
	NS/NR	1	4,54%	0	0,00%

Fuente: elaboración propia (2018).

En esta pregunta el 22,77% de los estudiantes considera que la arcilla flota debido a la forma que tiene, el 32,81% por ser más blanda o liviana que otros objetos, el 32,81% porque tiene menos peso que otros objetos, el 9,09% asocia la flotación al efecto de otras sustancias no mencionadas en el problema y el 4,54% no responde la pregunta. Esto hace posible evidenciar que más del 50% de los estudiantes asocia la capacidad de flotar o hundirse con el peso y no con la densidad.

Posterior a implementar la secuencia didáctica y en particular del laboratorio 5, en el que los estudiantes diseñaron una estrategia para calcular la densidad de una canica, es posible apreciar un incremento de hasta el 77,27% en las respuestas de nivel satisfactorio. Lo anterior permitiría afirmar que, con el uso de la indagación como estrategia de enseñanza, el 65,62% de los estudiantes ya no asocia la densidad con el peso y el 18,18% de los que se encontraba en niveles insatisfactorio y deficiente pasaron al satisfactorio. Esto se corroboró por medio de la prueba de hipótesis cuyo valor $p = 0,0003$.

Pregunta No 3: interroga a los estudiantes sobre cuál de los estados físicos de la materia tiene la capacidad de fluir, con el fin de determinar si se atribuye esta posibilidad sólo a los líquidos o sólo a los gases.

Tabla 7. Respuestas de los estudiantes a la pregunta 3.

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Capacidad de fluir en líquidos y gases	Satisfactorio	1	4,55%	16	72,73%
Capacidad de fluir en líquidos o en gases	Parcial	20	90,91%	6	27,27%
Capacidad de fluir en sólidos	Insatisfactorio	0	0,00%	0	0,00%
Incapacidad de fluir de las sustancias	Deficiente	1	4,55%	0	0,00%

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
	NS/NR	0	0,00%	0	0,00%

Fuente: elaboración propia (2018)

En esta pregunta el 4,55% de los estudiantes atribuyó tanto el agua de la botella como al gas de dentro del globo la capacidad de fluir. Por su parte, el 90,91% consideró que solo el agua de la botella o el gas de dentro del globo pueden fluir y un 4,55% cree que ninguno puede hacerlo porque son diferentes. Esto deja en evidencia las concepciones alternativas de los estudiantes frente a esta capacidad de algunos objetos, pues en su gran mayoría piensa que sólo lo hacen los gases. Posterior a la implementación de la secuencia didáctica, el porcentaje de estudiantes que atribuye esta posibilidad a gases y líquidos pasó del 4,55% al 73,72%. Con la estrategia de enseñanza basada y en la indagación y con el desarrollo de laboratorio tres, los estudiantes exploraron características de cuatro sustancias en diferentes estados, haciendo uso de la estrategia P-O-E (predecir, observar y explicar). De esta manera el porcentaje de estudiantes que le atribuía solo al estado líquido o al gaseoso esta capacidad, disminuyó notablemente (del 90,91% al 27,27%). Lo anterior se pudo comprobar a través de la prueba de hipótesis cuyo valor para p fue de 0,00000341 por debajo de 0,05.

Preguntas No 4 y 5: busca conocer las ideas de los estudiantes con relación a qué le sucede al volumen de un líquido cuando pasa de un recipiente a otro y qué características cambian.

Tabla 8. Respuestas de los estudiantes a la pregunta 4

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Conservación del volumen	Satisfactorio	3	13,64%	19	86,36%

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Conservación del volumen y variación del espacio	Parcial	5	22,73%	3	13,64%
Variación del volumen por la forma del recipiente	Insatisfactorio	7	31,82%	0	0,00%
Variación del volumen sin justificación	Deficiente	7	31,82%	0	0,00%
	NS/NR	0	0,00%	0	0,00%

Fuente: elaboración propia (2018).

Tabla 9. Respuestas de los estudiantes a la pregunta 5.

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Conservación del volumen y variación de la forma	Satisfactorio	6	27,27%	20	90,91%
Conservación del volumen y variación de la posición	Parcial	7	31,82%	2	9,09%
Variación del volumen sin explicación	Insatisfactorio	6	27,27%	0	0,00%
Variación del volumen por el material del recipiente	Deficiente	3	13,64%	0	0,00%
	NS/NR	0	0,00%	0	0,00%

Fuente: elaboración propia (2018).

En las respuestas a estas dos preguntas es posible evidenciar que el 13,64% considera que al pasar un líquido de un recipiente a otro el volumen se conserva, el 22,73% consideró que el volumen se conserva y cambia la forma del agua. Por su parte, el 31,82% de los estudiantes afirma que al pasar un líquido de un recipiente a otro el volumen disminuye, debido a que el envase es más ancho. Finalmente, un 31,82% afirma que el volumen varía, pero no explica por qué. Es evidente que los estudiantes asocian el volumen con la capacidad del recipiente que lo contiene. Posterior a la implementación de la secuencia didáctica, fue posible evidenciar que el número de estudiantes que consideraba que al pasar un líquido de un recipiente a otro más ancho el volumen disminuye, decreció del 63,64% al 0,00%. Esto es atribuible a que en las actividades experimentales realizadas en el laboratorio 4, los estudiantes tuvieron la posibilidad de pasar agua de una probeta a un vaso de precipitado y observar la conservación de la cantidad. Lo anterior evidencia un incremento estadísticamente significativo de acuerdo a la prueba de hipótesis alternativa, donde $p = 0.00000141$ menor que $\alpha = 0,05$

Con relación a la pregunta 5, el 27,27% de los estudiantes consideraba que, al pasar un líquido de un recipiente a otro más ancho, la característica que cambia es la forma y el volumen se conserva, por su parte el 31,82% asocia la forma con la posición y considera que esto cambia. El 40,91% de los estudiantes no responde a la pregunta y afirma que el volumen del agua varía por el material del recipiente. Con la implementación de la secuencia, el porcentaje de estudiantes que consideraba que varía la forma y no el volumen aumentó del 27,27% al 90,91%, lo que se explica por las actividades experimentales de indagación, realizadas en el laboratorio 4. Al efectuar el análisis estadístico de los datos posterior a la secuencia, se observó un incremento estadísticamente significativo en las respuestas satisfactorias; es decir, se cumple la prueba de hipótesis alternativa, pues $p = 0,0000176$ es menor que $\alpha = 0,05$.

Preguntas No 6 y 7: pretende determinar si los estudiantes pueden calcular el volumen de un líquido y de un objeto, como una propiedad de la materia usando instrumentos de laboratorio.

Tabla 10. Respuestas de los estudiantes a las preguntas 6 y 7

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Cálculo del volumen con una probeta con uso de unidades	Satisfactorio	7	31,82%	19	86,36%
Cálculo del volumen con una probeta, sin uso de unidades	Parcial	6	27,27%	3	13,64%
Volumen depende de la flotación	Insatisfactorio	1	4,55%	0	0,00%
Volumen depende del peso	Deficiente	6	27,27%	0	0,00%
	NS/NR	1	4,55%	0	0,00%

Fuente: elaboración propia (2018)

Frente a estas preguntas, el 31,82% de los estudiantes, consideró que sí es posible determinar el volumen del tornillo con la probeta observando cuántos mililitros se desplaza el agua hacia arriba, este mismo porcentaje de estudiantes calculó acertadamente el volumen del tornillo. Por su parte el 27,27% de los estudiantes, aunque consideró que sí era posible determinar el volumen del tornillo porque el agua se desplazaba hacia arriba, no logró determinar con exactitud el volumen del mismo. Un 31,82% de los estudiantes cree que el volumen del tornillo depende de su posibilidad de flotar y de su peso. Lo anterior deja ver cómo un alto número de estudiantes logra calcular el volumen de ciertos objetos, con instrumentos de laboratorio como la probeta. En las respuestas de los estudiantes a la prueba final, se observa cómo el número de estudiantes que no podía determinar el volumen del tornillo disminuye del 27,27% al 13,64% y el número de estudiantes que no consideraba posible calcular el volumen del tornillo pasa del 31,82% al 0,00%. Lo anterior representa un incremento estadísti-

co significativo, de acuerdo a la prueba de hipótesis alternativa, donde $p = 0,000233$ menor que $\alpha = 0,05$.

Pregunta 8: pretende identificar las ideas de los estudiantes acerca de la dureza como una propiedad física de la materia.

Tabla 11. Respuestas de los estudiantes frente a la pregunta 8

Categoría	Desempeño	Aplicación inicial		Aplicación final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Deformación con relación a la dureza	Satisfactorio	6	27,27%	17	77,27%
Deformación con relación a la elasticidad	Parcial	8	36,36%	2	9,09%
Deformación de sólidos	Insatisfactorio	0	0,00%	0	0,00%
Imposibilidad de deformación	Deficiente	1	4,55%	0	0,00%
	NS/NR	7	31,82%	3	13,64%

Fuente. Elaboración propia (2021)

Las respuestas de los estudiantes frente a esta pregunta, dejan ver que el 27,27% considera inicialmente que un objeto de arcilla se deformaría por ser más blando que los demás. Por su parte el 36,36% de los estudiantes considera que se deforma el resorte porque se estira y encoge. Por su parte el 4,55%, considera que ninguno se deforma y el 31,82% no responde la pregunta. Las respuestas dadas por los estudiantes dejan en evidencia cómo muchos de ellos no conciben la elasticidad como una propiedad de la materia y, la capacidad del resorte de estirarse y encogerse, es sinónimo de deformación. Con las actividades de la secuencia didáctica, los estudiantes tienen la posibilidad de experimentar las características de diversas sustancias y objetos

como arcilla, plastilina, caucho, entre otros. Estas actividades permitieron aumentar el porcentaje de estudiantes que logra establecer diferencias entre dureza y elasticidad, pasando de un porcentaje del 27,27% a 77,27% de los estudiantes. El anterior incremento estadístico resulta significativo, de acuerdo a la prueba de hipótesis alternativa, donde $p = 0,000899$ muy por debajo de $\alpha = 0,05$.

Conclusiones

Teniendo en cuenta la experiencia de diseño e implementación de una secuencia didáctica para comprender el concepto estructurante de materia y sus propiedades, desde un enfoque de enseñanza basado en la indagación, en grupo de 22 estudiantes de grado quinto de la Institución Educativa Isaías Gamboa de la ciudad de Cali, es posible concluir que:

1. El cuestionario inicial permitió conocer las ideas previas, concepciones alternativas y dificultades que los estudiantes presentan frente a comprensión del concepto estructurante de materia y sus propiedades. Estas concepciones, en concordancia con lo que han planteado diversos investigadores en didáctica de las ciencias, representan el punto de partida para el diseño de situaciones de enseñanza.
2. El diseño de una secuencia didáctica, desde un enfoque de enseñanza basado en la indagación pone al estudiante como centro del proceso de aprendizaje. Cuyo punto de partida es el planteamiento de sus hipótesis y la contrastación de las mismas a través de actividades de experimentación. En este sentido, la propuesta de Melina Furman y María Eugenia Podestá sobre el diseño de secuencias didácticas fue un gran aporte para esta investigación.
3. La implementación de la secuencia didáctica, brindó a los estudiantes situaciones de aprendizaje para promover la comprensión del concepto estructurante de materia y sus propiedades. Esto se pudo comprobar a través de las respuestas que los estu-

diantes dieron a las preguntas en la prueba final; así como, los incrementos estadísticos evidenciados al contrastar a través de la prueba de hipótesis.

4. El enfoque de enseñanza basado en la indagación representa una innovación en la enseñanza de las ciencias, en la medida que deja de lado el papel magistral del docente y lo convierte en un orientador, quien, a través de preguntas, lleva al estudiante a experimentar y comprender conceptos científicos. En esta vía,
5. la experimentación permite a los estudiantes verificar sus hipótesis inicialmente planteadas.
6. Al contrastar las respuestas obtenidas en las pruebas en un momento inicial y final, se puede concluir que las actividades realizadas favorecieron el aprendizaje del concepto estructurante de materia y sus propiedades.

Recomendaciones

Se hace necesario el uso e incorporación de los recursos que ofrecen las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, para la construcción y comprensión del concepto estructurante de materia y sus propiedades. En este propósito podría utilizarse la plataforma de simulaciones interactivas PhET y así promover la gamificación y la interactividad con los estudiantes.

El uso de simulaciones, como instrumentos para resolver una actividad, favorece el aprendizaje dado que introduce cambios respecto a la motivación y a los procesos cognitivos de los estudiantes. En particular, las simulaciones ayudan a la visualización y comprensión de los modelos físicos y de los conceptos, relaciones y procesos subyacentes. Se deben utilizar modelos virtuales que permitan la visualización del carácter dinámico de la materia, la medición de sus parámetros y pongan al estudiante en interactividad con el fenómeno mostrando una relación causa – efecto (Tamayo, 2015).

Referencias bibliográficas

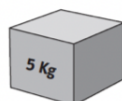
- Cañal, P. García-Carmona, A. & Cruz-Guzmán, M. (2016). *Didáctica de las ciencias experimentales en educación primaria*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Chang, R. College, W. (2002). *Química 7ª Edición*. México: Editorial Mc. Graw Hill, Interamericana Editores, Cap, 1, 9-13.
- Díaz-Barriga, Á. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*, México: Editorial UNAM, 10(04), 1-15.
- Furman, M., & Podestá, M. E. (2009). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Argentina: Aique Grupo Editorial.
- Furman, M. (2012). *Orientaciones técnicas para la producción de secuencias didácticas para un desarrollo profesional situado en las áreas de matemáticas y ciencias*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, pp. 30-35.
- Galfrascoli, A. (2014). Un acercamiento a la noción de conceptos estructurantes en el Profesorado de Educación Primaria. *Aula Universitaria*, pp. 42-55.
- Garritz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación en química*, pp. 106-110.
- Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista iberoamericana de educación*, 42.
- Henao García, J., & Tamayo Alzate, Ó. E. (2013). Enseñanza y aprendizaje del concepto naturaleza de la materia mediante el aprendizaje basado en problemas. En: *Uni-Pluriversidad*, 14(3), pp. 25-45.
- Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES). (2015). *Descripción de los niveles de desempeño en ciencias naturales para grado quinto*. Bogotá: Grupo de procesos Editorial-ICFES.
- Intel Educar, (2005). *Manual Curso de Capacitación del Modelo de Aprendizaje por Indagación*. San José, Costa Rica: Programa Intel® Educar.

- Micolta, O. M. (2017). *Secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje del enlace químico en estudiantes de grado 10 de la I.E.T.I. España del Municipio de Jamundí*. Cali Colombia: Universidad Icesi.
- Mineducación. (2004). *Estándares Básicos de Competencias Ciencias Naturales y Sociales*. Bogotá: 2005. 11-18
- Mineducación. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje en Ciencias Naturales*. Bogotá: 2016. 19-20
- Muñoz Quintero, A. M. (2014). *La indagación como estrategia para favorecer la enseñanza de las ciencias naturales*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 24-26
- Narváez Burgos, I. (2014). *La indagación como estrategia en el desarrollo de competencias científicas, mediante la aplicación de una secuencia didáctica en el área de ciencias naturales en grado tercero de básica primaria*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 79-93.
- NRC, National Research Council, (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). *La indagación y la enseñanza de las ciencias*. *Educación química*, pp. 415-421.
- Revel Chion, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P., & Adúriz-Bravo, A. (2005). *Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar*. *Enseñanza de las Ciencias*. pp. 2-4
- Rivas Marín, M. I. (2013). *Enseñanza de las ciencias basada en indagación*. Cali Colombia: Programa pequeños científicos. Universidad ICESI.
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Editorial McGraw Hill.
- Tamayo, L. H. (2015). *Construcción del concepto de onda utilizando un modelo virtual*. Madrid: Editorial Academica Española.

ANEXO 1: CUESTIONARIO.**Estudiante:** _____ **Grado:** _____

Estimado estudiante a continuación encontraras un cuestionario compuesto por 8 preguntas. Con este se pretende conocer lo que sabes acerca de la materia y sus propiedades.

1. Los siguientes cubos tienen distinto tamaño pero poseen la misma masa.



Espuma



Plástico



Madera

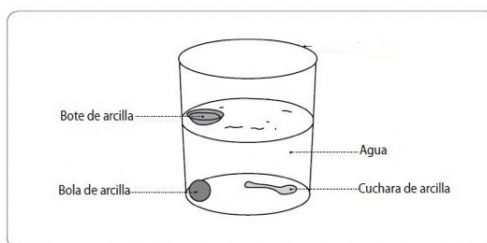


Acero

Si se construyen cuatro patos del mismo tamaño con estos materiales. ¿Cuál de los patos crees que tendrá mayor masa? Explica tu respuesta



Un grupo de estudiantes de grado quinto realizó un experimento de flotación o hundimiento. Para ello colocaron tres objetos del mismo material y masa. El siguiente diagrama muestra los resultados del experimento.



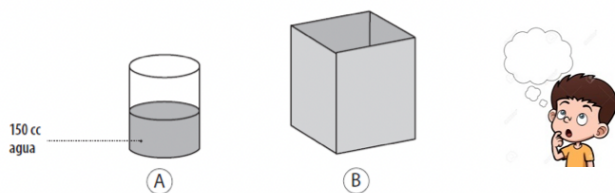
2. ¿A qué crees que se debe que el bote de arcilla flote?

Los objetos de la imagen representan tres estados de la materia.



3. ¿Cuál de estos tres objetos poseen la capacidad de fluir? Explica tu respuesta

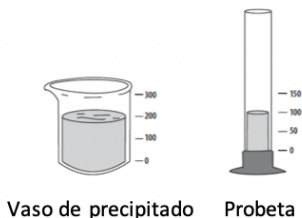
El siguiente diagrama muestra dos envases A y B. El envase A contiene 150 cm³ de agua y el envase B está vacío. Con base en esta información responde las preguntas 4 y 5.



4. Si toda el agua del envase A se vierte en el envase B ¿Qué le sucederá al volumen del agua?

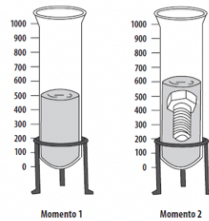
5. Si toda el agua del envase A se vierte en el envase B ¿Qué característica del agua cambiará?

En la imagen observas un vaso de precipitado y una probeta. Dos recipientes que se utilizan comúnmente en el laboratorio para medir líquidos.



6. ¿Cuál es el volumen de los líquidos que se encuentran en el vaso de precipitado y en la probeta? _____

En el dibujo observas la misma probeta en dos momentos distintos.



7. De acuerdo a la imagen ¿es posible determinar el volumen del tornillo? ____
De ser posible ¿cuál es el volumen del tornillo? _____

Si presionas con fuerza con los dedos sobre los siguientes objetos.



Piedra



Balde de arcilla



Resorte

8. ¿Cuál o cuáles objetos se deformará (n)?

Escribe lo que para ti es la materia.

