

Representaciones en el Aprendizaje de la Química y Estilo Cognitivo

Anderson Guillermo Prieto Lamprea

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Notas del Autor

Anderson Guillermo Prieto Lamprea, Facultad de Educación, Universidad

Pedagógica Nacional de Colombia, Maestría en educación

Bogotá D.C.

2019

Representaciones en el Aprendizaje de la Química y Estilo Cognitivo



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores

Anderson Guillermo Prieto Lamprea

Tesis para optar por el título de Magister en Educación

Directora

Diana Margarita Abello

Mg. En Educación

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Educación

Maestría en Educación

Bogotá D.C.

2019

Nota de aceptación

Firma presidente del jurado

Bogotá, de 2019

A mi familia y amigos por alentarme cuando más lejos veía la meta.

A Rafita el motor de mi vida.

A mis estudiantes la razón de ser de esta aventura.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos aquellos que de manera directa e indirecta hicieron parte de este trabajo y reconocer a cada personaje su aporte en la consolidación de una idea que fue tomando fuerza hasta convertirse en una fascinante aventura intelectual.

Mis más sinceros agradecimientos a la Alcaldía Municipal del Municipio de Mosquera Cundinamarca en cabeza del señor alcalde NICOLAS GARCÍA BUSTOS, quien interesado en el mejoramiento de la calidad educativa, le apostó a la formación de 21 docentes del Municipio de los cuales hago parte. Espero retribuir con mi trabajo este acto generoso y bien intencionado por de la administración municipal.

Al grupo de investigación en estilos cognitivos de la Universidad Pedagógica Nacional, liderado por el doctor CRISTHIAN HEDERICH y la doctora ANGELA CAMARGO, quienes desde su experiencia y saber aportaron a la maduración de este proyecto de investigación; sin sus pertinentes comentarios mucho de lo que se presenta aquí carecería de coherencia y pertinencia.

A DIANA ABELLO mi directora de tesis, de quien recibí una constante retroalimentación; sus perspectivas, experiencia como investigadora y calidez humana permitieron el logro de los objetivos propuestos.

A CAROLINA HERNÁNDEZ, docente e investigadora adscrita a la línea de estilos cognitivos, quien como coequipera de mi directora, alimentó este trabajo con aportes que constantemente fueron tenidos en cuenta.

A mi padre y mi madre que desde la lejanía siempre estuvieron indagando y alentando, convirtiéndose siempre en un referente motivador para el éxito académico.

A mi hijo RAFAEL quien siempre fue comprensivo con los tiempos negados y limitados a los que se vio sometido durante el desarrollo de mis estudios.


A mis Abuelas ANA e ISABEL quienes siempre estuvieron allí dando aliento.

A la madre de mi hijo DANNIA quien asumió toda la responsabilidad en la formación y acompañamiento de RAFAEL durante las largas jornadas de lectura y reflexión que demandó el estudio.

A todos mis compañeros de trabajo, en especial a RICARDO LUQUE y ANGELO VELANDIA, quienes desde las tertulias informales, alrededor de un café o un desayuno hacían espacios reflexión acerca de la praxis educativa.

A mis compañeros de seminario; GUILLERMO, ROQUE, IVONNE, AYDA, WILMAN, OLGA, AMANDA, CAROLINA Y MARIBEL, con los cuales compartí durante estos años.

Y a tí mujer bella, quien calentaste mis noches con una que otra bebida caliente y miles de voces de aliento.

	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página vii de 200	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de grado Maestría
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Representaciones en el Aprendizaje de la Química y Estilo Cognitivo
Autor(es)	Prieto Lamprea, Anderson Guillermo
Director	Abello, Diana Margarita
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 200p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	REPRESENTACIONES, NIVEL MICROSCÓPICO, NIVEL MACROSCÓPICO, NIVEL SIMBÓLICO, ESTILO COGNITIVO, DIC.

2. Descripción
<p>Tesis de grado donde se determinó el efecto de la estrategia múltiple representación en química en la construcción de representaciones alrededor de los átomos y moléculas de estudiantes con diferente estilo cognitivo de grado sexto y décimo de una institución oficial del Municipio de Mosquera, Cundinamarca. Tres variables fueron trabajadas: estrategia de múltiple representación, representaciones de los átomos y las moléculas y el estilo cognitivo en la dimensión dependencia e independencia de campo. Las representaciones de los estudiantes fueron determinadas mediante el test de niveles de representación atómico-molecular versión 2 y el estilo cognitivo por medio del test de Figuras Enmascaradas.</p> <p>Se identifica que la estrategia de múltiple representación en química tuvo efecto positivo en el grado sexto mejorando los niveles representacionales de los estudiantes respecto a la representación del átomo y la molécula mediante palabras y formas principalmente. También, se determina que el uso de ciertas imágenes en la enseñanza favorece la movilidad entre los niveles</p>

representacionales. Se evidencia una posible relación del estilo cognitivo con los niveles representacionales; permitiendo concluir que los niveles representacionales microscópico y simbólico son los más accesibles para los dependientes de campo y los niveles microscópico y macroscópico son más frecuentes en los sujetos Independientes de campo.

3. Fuentes

Se cuentan con 78 citas bibliográficas de textos, 70 de revistas y 8 de libros de referencia.

Alís, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II) El cambio de las concepciones alternativas. Eureka.

Aramburu Oyarbide, M. (2004). Estilos Cognitivos, Desarrollo Operatorio Y Preconcepciones. Revista Internacional de Psicología, 1-23.

Barrios López, S., & Vera Silva, L. (2013). Relación entre los estilos cognitivos y las estrategias didácticas en un grupo de docentes de la ciudad de Bogotá. Movimiento científico, 144-157.

Bastida Navarro, E. (2016). El efecto de la dependencia-independencia de campo en la formación de recuerdos falsos. Behavior & Law Journal, 42-50.

Becerra-Bulla, F., Parra Vargas, M., & Vargas Zárate, M. (2011). Estilo Cognitivo Predominante en Estudiantes Universitarios de Nutrición y Dietética, Universidad Nacional de Colombia, 2009. Rev Fac Med. , 113-124.

Benarroch Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. Enseñanza de las Ciencias, 123-134.

Benarroch, A. (2000). El Desarrollo Cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. Enseñanza de las ciencias (18), 235-246.

Buela Casal, G., De Los Santos Roig, M., & Carretero Dios, H. (2001). Propuestas De Integración En El Estudio De Los Estilos Cognitivos: El Modelo De Las Dos Dimensiones. Rev. de Psicol Gral y Aplic, 227-244.

Caamaño Ros, A. (2008). REPENSAR EL CURRÍCULUM DE QUÍMICA EN EL BACHILLERATO. Primera Trobada de professors de Química de la Universitat de Barcelona i professors de química de batxillerat (págs. 1-12). Barcelona: IES Barcelona-Congrés.

Caamaño, A. (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y

representaciones simbólicas. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7-20.

Cabrera Cortés, I. (2003). El procesamiento humano de la información: en busca de una explicación. *ACIMED*, 1-13.

Capuano, V., Dima, G., Botta, I., Follari, B., De La Fuente, A., Gutiérrez, E., y otros. (2007). Una experiencia de aula para la enseñanza del concepto de modelo atómico en 8° EGB. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2-10.

Carreiras, M. (1986). Mapas Cognitivos: Revisión Crítica. *Estudios de Psicología*, 61-86.

Castellaro, M. (2011). EL CONCEPTO DE REPRESENTACIÓN MENTAL COMO FUNDAMENTO EPISTEMOLÓGICO DE LA PSICOLOGÍA. Límite. *Revista de Filosofía y Psicología*, 55-67.

Chamizo, J. A. (1996). Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño. *Educación Química*, 7-12.

Cokelez, A., & Dumon, A. (2005). Atom and molecule: upper secondary school French students' representations in long-term memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 119-135.

Cuéllar López, Z. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2-15.

De La Fuente, A. M., Perrot, M. T., Dima, G., Gutiérrez, H., Capuano, V., & Follari, B. (2003). Estructura atómica: Análisis y estudio de los estudiantes (8 de EGB). *Enseñanza de las ciencias*, 1(21), 123-134.

Domínguez-Castiñeiras, J. M., Falicoff, C. B., Ortolani, A. E., Húmpola, P. D., & Odetti, H. S. (2008). Construcción, Implementación y Evaluación de Secuencias de Enseñanza en los Temas: Gases y Disoluciones. *Rev Soc Quim Perú*, 196-209.

Farias Camero, D. M. (2012). Teoría, estructura y modelos atómicos en los libros de texto de química de educación secundaria. Análisis desde la sociología de la ciencia e implicaciones didácticas. Barcelona, España.: UNIVERSIDAD DE BARCELONA.

Furió, C. &. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las ciencias*, 241-258.

Furió-Mas, C., & Domínguez-Sales, C. (2007). PROBLEMAS HISTÓRICOS Y DIFICULTADES DE LOS ESTUDIANTES EN LA CONCEPTUALIZACIÓN DE SUSTANCIA

Y COMPUESTO QUÍMICO. INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA, 241-258.

Furió-Más, C., & Solbes, J. (2004). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación: resultados y perspectivas. *Alambique*, 64-78.

Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M. C., & Guisasola, J. (2012). Diseño e Implementación de una Secuencia de Enseñanza para Introducir los Conceptos de Sustancia y Compuesto. *Enseñanza de Las Ciencias*, 113-128.

Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. En B. J. Fraser, & K. G. Tobin, *International handbook of science education* (págs. 233-248). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Galagovsky Lydia, L., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Investigación didáctica*, 231-242.

Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati, N., & Morales, L. (2003). Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de las ciencias*, 107-121.

García Ramos, J. M. (1989). *Los Estilos Cognitivos Y Su Medida: Estudios Sobre La Dimension Dependencia-Independencia De Campo*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y ciencia: C.I.D.E.

Garzón, A., & Seoane, J. (2010). La memoria desde el procesamiento de información. En I. Delclaux, & J. Seoane, *Psicología cognitiva y procesamiento de la información: teoría, investigación y aplicaciones* (pág. 254). Pensilvania: Pirámide.

George, D., & Mallery, P. (2003). *Spss for Windows step by step: A Simple*. Boston: Allyn & Bacon.

Gómez, E. J., Benarroch, A., & Marín, N. (2005). Evaluation of the Degree of Coherence Found in Students Conceptions Concerning The Particule Nature Of Matter. *Journal Of Research In Science Teaching*, 1-21.

González Tabares, N. M., Pareja Molina, E., & Tabares Hernández, M. S. (2006). *Estilo Cognitivo Dependiente-Independiente de Campo y las Estrategias de Enseñanza*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1998). Modelos Mentales, Modelos Conceptuales Y Modelización. Enseñanza de la Física, 107-120.

Grilli, J., Laxague, M., & Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 91-108.

Hederich Martínez, C. (2004). Estilo cognitivo en la dimensión de Independencia-Dependencia de Campo- Influencias culturales e implicaciones para la educación. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona.

Hederich, C. M. (2007). Estilo cognitivo en la dimensión dependencia-independencia de campo influencias culturales e implicaciones para la educación. Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.

Izquierdo Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la Química: contextualizar y modelizar. The Journal of the Argentine Chemical Society, 115-136.

Izquierdo Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modernizar. Anales de la Asociación Química Argentina, 115-136.

Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness. Cambridge: Harvard University Press.

Kempa, R. F. (1991). Students' Learning Difficulties In Science.causes And Possible Remedies. Investigación y Experiencias Didácticas., 119-128.

Landau, L., Gastón, R., & Torres, N. (2014). Disoluciones: ¿Contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? Educ. quím, 21-29.

Lemke, J. L. (2006). Investigar para el Futuro de la Educación Científica: Nuevas Formas de Aprender, Nuevas Formas de Vivir. Investigación Didáctica, 5-12.

López Rupérez, F. (1987). Dependencia-independencia de campo y educación científica. En La resolución de problemas y la organización del conocimiento disponible. Un estudio experimental (págs. pp. 65-78). Ayudas a la investigación educativa CIDE- MEC.

López-Vargas, O., Hederich-Martínez, C., & Camargo-Uribe, Á. (2011). Estilo cognitivo y logro académico. Educ, 67-82.

Márquez, C. B. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. Educar, 27-38.

Maturana, H., & Varela, F. (2003). El árbol del conocimiento Las bases biológicas del

conocimiento. Buenos Aires: Lumen.

Mellado Jiménez, V. (2003). Cambio Didáctico Del Profesorado De Ciencias Experimentales Y Filosofía De La Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 343-358.

Meza, A. (1987). Acerca de los Estilos Cognitivos Dependencia-Independencia de Campo. *Revista de Psicología de la PUCP*, 162-176.

Mora Penagos, W. M., García Martínez, A., & Mosquera Suárez, C. J. (2002). Bases para la construcción de un cuerpo conceptual didáctico del desarrollo histórico - epistemológico de los conceptos estructurantes de la química. *Revista científica*, 259-286.

Moreira, M., Greca, I., & Rodríguez, M. P. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 37-57.

Morín, E. (1996). Método III: o Conhecimento do conhecimento. *Publicações Europa-América*.

Muñiz Rigel, S. (2009). Construcción de Modelos Atómicos por Estudiantes de Bachillerato. Influencia de la Imagen Preconcebida del átomo. X CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA, 1-13.

Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la Enseñanza de la Química. En Blanco & Negro, 38-46.

Nunan, D. (1991). *Language Teaching Methodology: A Textbook for Teachers*. UK: Prentice Hall International.

Nunnally, N. C. (1978). *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill. .

Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2013). Representaciones macroscópicas submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educ. Quím*, 46-55.

Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2013). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 55.

Otero, M. R. (1999). Psicología Cognitiva, Representaciones Mentales e Investigación en Enseñanza de las Ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 93-119.

Perales Palacios, F. J. (2006). Uso y (Abuso) de la Imagen en la Enseñanza de las Ciencias. *Investigación Didáctica*, 13-30.

Pozo, J. I. (1993). *Psicología y Didáctica de las Ciencias Naturales ¿concepciones*

alternativas? *Infancia y aprendizaje*, 187-204.

Preston, K. R. (1988). An investigation of grade 12 students misconceptions relating to fundamental characteristics of molecules and atoms. Newfoundland: University of Newfoundland.

Ramos Martín, J. M. (mayo de 2006). Evaluación «Dependencia/independencia de campo» en el contexto de los problemas de ansiedad. *Clínica y Salud*, 17(1), p. 31-49.

Rincón Camacho, L. J. (2013). Los estilos cognitivos una aproximación al estudio de las diferencias individuales en la composición escrita. *Revista colombiana de educación*, 107-130.

Sánchez, J. M. (2018). Translational Skills of Students in Chemistry. *Science Education International*, 213-219.

Sandoval, M. E., & Caicedo López, H. (2009). El estilo Cognitivo y su Influencia En la solución de Problemas de Química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá: Red Académica.

Sanmartí, N., & Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la escuela*, 51-61.

Sawa, H. (1966). Analytic thinking and synthetic thinking. *Bulletin of Faculty of Education*. En Analytic thinking and synthetic thinking. *Bulletin of Faculty of Education*. (págs. 13, 1-16). Nagasaki: Nagasaki University.

Sunyono, & Yulianti, D. (2005). Introductory Study On Student's Mental Models In Understanding The Concept Of Atomic Structure (Case Study on High School Students in Lampung Indonesia) . *Chemistry Education Research and Practice*, 119-135.

Tamayo Álzate, Ó. E. (2006). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Revista Educación y Pedagogía*, 39-49.

Thadison, F. C. (2011). Investigating Macroscopic, Submicroscopic, and Symbolic Connections in a College-Level General Chemistry Laboratory. *Dissertations*, 513.

Tinajero Vacas, C., & Páramo Fernández, M. (2013). El estilo cognitivo dependencia–independencia en el proceso de enseñanza–aprendizaje. *Revista Colombiana de Educación*, 57-78.

Trinidad Velasco, R., & Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Revista de educación química*, 95-105.

Uria, M., Lecumberry, G., & Orlando, S. (2012). Las Concepciones de los Actuales Alumnos sobre Estructura de la Materia . *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación*

Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 798-809.

Vallejo Urán, W. A. (2017). Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de “reacción química”. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Varela Nieto, M. P. (1992). La Resolución de Problemas en la Enseñanza de las Ciencias Aspectos Didácticos y Cognitivos . Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Vásquez, A. (1990). Concepciones alternativas en Física y Química de Bachillerato: Una Metodología Diagnóstica. Enseñanza de las Ciencias, 251-258.

Velasco Yáñez, S. (2009). Hermann Witkin y el descubrimiento de los estilos cognitivos, influencia posterior para la diferenciación con los estilos de aprendizaje. . Caleidoscopio, 139-158.

Villaro Ábalos , E. (2012). Ideas previas sobre átomos y enlace químico Desarrollo de una estrategia didáctica en la educación secundaria . Madrid: Universidad de la Rioja.

Wayne, W. D. (1994). Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la educación. Washington: Mc Graw Hill.

4. Contenidos

El documento consta de diez capítulos. Inicia presentando las principales dificultades manifiestas en el aprendizaje de la química relacionadas con el escaso manejo de los niveles representacionales (microscópico, macroscópico y simbólico) por parte de los estudiantes. Luego hace un recorrido a través de referentes teóricos y metodológicos que intentan abordar la problemática. Se hace énfasis en aquellos que relacionan a la dependencia-independencia de campo con la enseñanza de las ciencias naturales. Seguidamente se muestran los objetivos de la investigación enfocados hacia determinar el impacto de la propuesta pedagógica múltiple representación en química y su relación con el estilo cognitivo; mediante su implementación se identificaron los elementos y atributos más utilizados por los estudiantes para representar el átomo, las moléculas y algunos fenómenos en donde se encuentran involucrados.

Después, se presenta el diseño metodológico desarrollado bajo el paradigma empírico-analítico con un diseño cuasi-experimental con grupo control (aplicación pre y post). Los instrumentos de recolección usados son expuestos (test de nivel de representación atómico-molecular y EFT) El test de niveles de representación recoge las representaciones de los

individuos en cuanto a los átomos y las moléculas, mientras que el EFT permite determinar el estilo cognitivo en la dimensión Dependencia-Independencia de campo (DIC). A continuación se presenta la propuesta pedagógica implementada expresándose los objetivos y los referentes teóricos y metodológicos empleados. Seguidamente son mostrados y analizados los resultados obtenidos, profundizándose en aquellos que mostraron diferencias significativas con las pruebas estadísticas realizadas (Wilcoxon, U de Man Whitney y Kruskal-Wallis), se muestran ejemplos de las respuestas suministradas por los estudiantes para justificar y determinar las posibles variaciones; se relacionan el uso de determinados elementos y niveles de representación con el estilo cognitivo DIC y se exhiben las conclusiones obtenidas a través del proceso investigativo, en donde se exponen las diferencias encontradas entre los grupos luego de la intervención y su relación con el estilo cognitivo con las preferencias representacionales. Finalmente, se muestran las referencias bibliográficas utilizadas durante todo el proceso y los anexos relacionados con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, Wilcoxon, U de Man Whitney y Kruskal-Wallis, el instrumento de recolección de información y la forma de validación del mismo.

5. Metodología

La presente investigación se enmarca en el paradigma empírico analítico y presenta un diseño cuasi-experimental con grupo control con aplicación pre y post. Este diseño busca describir la existencia de algún tipo de relación entre las representaciones que de la materia (átomos y moléculas) elaboran los estudiantes y el estilo cognitivo en la dimensión Independencia-Dependencia de campo (IC-DC). Los participantes de este estudio fueron 129 estudiantes entre de los grados sexto y décimo. Se trabajó con grupos intactos; de los cuales se seleccionó un grupo control para cada nivel; el grupo control décimo estaba formado por 32 estudiantes y el experimental por 41 estudiantes con edades comprendidas entre los 14 y 17 años. Para el grado sexto el grupo control tenía 27 estudiantes y el experimental 29 con edades entre los 9 y 14 años. En el grupo control décimo habían 13 mujeres y 19 hombres; mientras que en el experimental habían 23 mujeres y 18 hombres; por su parte, en el grupo control sexto habían 5 mujeres y 22 hombres y en el experimental 21 mujeres y 8 hombres. Los estudiantes pertenecían a los estratos socioeconómico 1, 2 y 3; dicho dato se recolectó por autoreporte.

Se aplicó la estrategia *Múltiple representación en química* los grupos experimentales de

sexto y décimo grado de una institución educativa del Municipio de Mosquera. El nivel de representación se determinó mediante el test de representación atómico-molecular en su versión 2; la fiabilidad del instrumento es aceptable con un Alfa de Cronbach de 0,726. El estilo cognitivo fue determinado mediante el test de figuras enmascaradas en la versión desarrollada por Sawa (1966) La versión del instrumento utilizado ha sido aplicado en varias ocasiones en estudiantes colombianos mostrando altos niveles de confiabilidad (Alfa de Cronbach entre 0,91 y 0,97) (Hederich Martínez, 2004).

Los datos recolectados en el test de múltiple representación fueron analizados mediante pruebas no paramétricos (Wilcoxon, U de Man Whitney y Kruskal-Wallis); puesto que ninguno de los ítems presento distribución normal. Las representaciones se trabajaron como variables ordinales; asignándole un orden según lo reportado por Sánchez (2018). Para el caso del estilo cognitivo se establecieron rangos en cada uno de los grupos y se establecieron 3 grupos dependiendo su puntaje en el EFT (dependientes, intermedios e independientes). Se profundizó en aquellos ítems del instrumento que presentaron diferencias significativas según el estadístico correspondiente, realizando un análisis de las frecuencias de las respuestas.

6. Conclusiones

En el grado sexto se determinó que:

La estrategia permitió que los estudiantes mejoraran en el uso de los niveles representacionales; las diferencias significativas encontradas entre las dos mediciones realizadas señalan movilidad de los sujetos hacia niveles de mayor complejidad y la integración de dos o más de ellos.

Los niveles de representación más accesibles para los estudiantes de grado sexto resultaron ser el simbólico y microscópicos principalmente. No obstante, los resultados muestran que también se pueden usar otros niveles y que la utilización de un determinado nivel puede depender de la situación planteada

La propuesta mostró tener influencia positiva en la representación de moléculas y átomos mediante palabras, representación de moléculas con el empleo de análogos representacionales (formas) y en la representación de sustancias cotidianas.

La propuesta no favorece la forma como los estudiantes organizan los conceptos; en el

grupo experimental se observó una tendencia hacia la elaboración de esquemas globales; aunque hay una aparente mejora en la calidad de los esquemas estos terminan siendo más globales que analíticos.

La propuesta de intervención favoreció notablemente a los sujetos dependientes de campo e intermedios en cuanto a la representación de moléculas mediante imágenes. Del mismo modo, la representación de moléculas mediante palabras y formas se ve influenciada por la propuesta implementada.

En el grado décimo se concluye que:

la mediación de los contenidos por si sola también permite la movilidad entre los niveles representacionales.

El nivel macro-simbólico puede ocasionar mayores concepciones alternativas; debido a que, los estudiantes asumen que las sustancias tienen los símbolos de sus constituyentes a nivel microscópico.

La estrategia de *múltiple representación en química*, influye notablemente en la representación de los átomos mediante el empleo de imágenes y parcialmente en la representación de las moléculas.

Las imágenes favorecen más a los dependientes de campo, observándose un cambio en los niveles representacionales de estos sujetos; en contraposición los sujetos Independientes de campo se ven más influenciados por sus referentes internos y terminan elaborando respuestas que tienden principalmente hacia lo macroscópico y micro-macroscópico.

Elaborado por:	Prieto Lamprea, Anderson Guillermo
Revisado por:	Abello, Diana Margarita

Fecha de elaboración del Resumen:	01	07	2019
--	----	----	------

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
OBJETIVOS	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos.....	9
JUSTIFICACIÓN	10
MARCO REFERENCIAL	13
Origen y Evolución de las ideas, conceptos y representaciones de los niveles microscópico y macroscópico de sustancia y compuesto.	13
Dificultades de la enseñanza y aprendizaje de la química	15
Dificultades de los estudiantes alrededor de los conceptos de sustancia y compuesto químico.	19
Concepciones alternativas	20
Naturaleza corpuscular de la materia	24
Estructura atómica.....	25
El problema de las representaciones en la enseñanza y aprendizaje de la química. .	26
Estilo cognitivo y su relación con el procesamiento de la información.....	26
METODOLOGÍA	35
Población y Muestra.....	35
Variables	35
Diseño	36

REPRESENTACIONES EN QUÍMICA Y ESTILO COGNITIVO	xix
Ruta metodológica	37
Primera etapa: Fundamentación y Profundización teórica.....	37
Segunda etapa: estructura de la Estrategia de múltiple representación.....	37
Tercera Etapa: Implementación del diseño experimental.	37
Cuarta etapa: Análisis de Resultados.	37
Instrumentos de recolección.....	40
Prueba de figuras enmascaradas EFT	40
Test de niveles de representación atómico-molecular	41
Técnica de Análisis de resultados	42
Estadística Inferencial	42
PROPUESTA PEDAGÓGICA DE INTERVENCIÓN.....	43
Estrategia <i>Múltiple Representación en Química</i>	43
Fundamentación	43
Objetivo.....	44
Implementación.....	44
Contenidos.	46
Algunas consideraciones acerca de la implementación de la propuesta pedagógica....	47
RESULTADOS.....	49
Estadísticos descriptivos y prueba de Wilcoxon: grupo control pretest y postest grado sexto.	49
Prueba de Wilcoxon	51
Estadísticos descriptivos y prueba de Wilcoxon: grupo experimental pretest y postest grado sexto.	56
Prueba de Wilcoxon	57

Prueba U de Mann-Whitney: diferencias entre el grupo control y experimental de grado sexto.....	68
Prueba U de Mann-Whitney: diferencias entre el grupo control y experimental de grado sexto postest.....	72
Prueba de Kruskal- Wallis: niveles de representación en grado sexto y relación con el estilo cognitivo en la dimensión DIC.....	77
Estilo cognitivo	77
Prueba de Kruskal- Wallis.....	78
Estadísticos descriptivos y prueba de Wilcoxon: grupo control pretest y postest grado décimo.....	82
Prueba de Wilcoxon	83
Estadísticos descriptivos y prueba de Wilcoxon: grupo experimental pretest y postest grado décimo.....	91
Prueba de Wilcoxon	91
Prueba U de Mann-Whitney: diferencias entre el grupo control y experimental de grado décimo pretest.....	100
Prueba U de Mann-Whitney: diferencias entre el grupo control y experimental de grado décimo postest.....	101
Prueba de Kruskal-Wallis: niveles de representación en grado décimo y relación con el estilo cognitivo en la dimensión DIC.....	109
Estilo cognitivo	109
Prueba de Kruskal-Wallis	109
Elementos utilizados por los estudiantes para representar átomos y moléculas: grado sexto y décimo.....	114
Tamaño, composición y relación causal.....	114
Palabras que dan significado a moléculas y átomos.....	118

REPRESENTACIONES EN QUÍMICA Y ESTILO COGNITIVO	xxi
Formas de representar moléculas y átomos.	121
Estilo cognitivo y niveles de representación en grado sexto.....	124
Estilo cognitivo y niveles de representación en grado décimo.	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
Efecto de la estrategia de <i>múltiple representación en química</i> en sexto grado.	135
Efecto de la estrategia de <i>múltiple representación en química</i> en décimo grado.	138
Frente al diseño metodológico	139
BIBLIOGRAFÍA	141
ANEXOS	148
Anexo 1: Test de niveles de representación atómico-molecular versión 2.....	148
Anexo 2: Evaluación por juicio de expertos Test de niveles de representación atómico-molecular.....	154
Anexo 3: Prueba de <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	161
Anexo 4: Estructura instrumento Test niveles representación atómico-molecular versión 2.....	162
Anexo 5: Estadísticos descriptivos y de contraste grupo control grado sexto	163
Anexo 6: Estadísticos descriptivos y de contraste grupo experimental grado sexto...	165
Anexo 7: Estadísticos de contraste grupo control y experimental grado sexto ^a	167
Anexo 8: Estadísticos de prueba.	168
Anexo 9: Estadísticos descriptivos y de contraste grupo control grado décimo.....	169
Anexo 10: Estadísticos descriptivos y de contraste grupo experimental grado décimo.	170
Anexo 11: Estadísticos de contraste grupo control y experimental grado décimo	171

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Etiquetas utilizadas para clasificar las repuestas escritas de los estudiantes. ..</i>	38
<i>Tabla 2. Etiquetas utilizadas para clasificar las repuestas que utilizaban imágenes.</i>	39
<i>Tabla 3. Contenidos mediados con la propuesta pedagógica múltiple representación en química.....</i>	46
<i>Tabla 4. Estadísticos de prueba.</i>	110

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diseño de Investigación Representaciones en química y estilo cognitivo.	36
Figura 2. Algunas representaciones propuestas por el docente en la implementación de la propuesta pedagógica <i>múltiple representación en química</i>	48
Figura 3. Respuesta del estudiante Abelardo Gómez grado sexto grupo control (pretest y postest) ítem 15.	50
Figura 4. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 1	51
Figura 5. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 2.	51
Figura 6. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 7	52
Figura 7. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 8	53
Figura 8. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 9.	54
Figura 9. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 10	55
Figura 10. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 15.	55
Figura 11. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 1	57
Figura 12. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 5	58
Figura 13. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 7	59
Figura 14. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 8	60
Figura 15. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 9.	61
Figura 16. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 10	62
Figura 17. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 11	63
Figura 18. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 12	64
Figura 19. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 13	65
Figura 20. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 15	66
Figura 21. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 17	67
Figura 22. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 9	69
Figura 23. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 11	70
Figura 24. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 15	71

Figura 25. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 2.....	73
Figura 26. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 6.....	74
Figura 27. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 7.....	75
Figura 28. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 7.....	76
Figura 29. Resultados para el Test de figuras enmascaradas EFT de los GC6 y GE6.....	78
Figura 30. Diferencias entre grupos grado sexto representación mediante imagen.....	79
Figura 31. Diferencias entre grupos grado sexto representación moléculas mediante palabras	80
Figura 32. Diferencias entre grupos grado sexto representación mediante palabras	81
Figura 33. Respuesta del estudiante María Alexandra Arboleda grado décimo grupo control (pretest y postest) ítem 15.....	83
Figura 34. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 1.....	84
Figura 35. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 5.....	84
Figura 36. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 7.....	85
Figura 37. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 8.....	86
Figura 38. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 9.....	87
Figura 39. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 10.....	87
Figura 40. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 11.....	88
Figura 41. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 12.....	89
Figura 42. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 15.....	90
Figura 43. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 1.....	92
Figura 44. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 5.....	92
Figura 45. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 7.....	93
Figura 46. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 8.....	94
Figura 47. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 9.....	95
Figura 48. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 10.....	95
Figura 49. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 11.....	96
Figura 50. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 12.....	97
Figura 51. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 13.....	98
Figura 52. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 14.....	98
Figura 53. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 18.....	99

Figura 54. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 13. ..	101
Figura 55. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 1.	102
Figura 56. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 2.	103
Figura 57. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 7.	104
Figura 58. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 8.	105
Figura 59. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 10. ..	106
Figura 60. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 17. ..	107
Figura 61. Diferencias de respuestas grupo experimental y control ítem 17.	108
Figura 62. Resultados para el Test de figuras enmascaradas EFT de los GC6 y GE6. ..	109
Figura 63. Diferencias entre grupos grado décimo representación molécula mediante palabras.	111
Figura 64. Diferencias entre grupos grado décimo representación molécula mediante palabras.	112
Figura 65. Elementos que influyen en los niveles de representación de átomos y moléculas.	118
Figura 66. Niveles de representación y palabras que dan significado a átomo y molécula.	120
Figura 67. Diferencias entre el pretest y postest de un estudiante de grado sexto.	121
Figura 68. Elementos representacionales utilizados para expresar cómo son los átomos y moléculas.	124
Figura 69. Diferencias nivel representación según estilo cognitivo grado sexto pretest ítem 9.	125
Figura 70. Diferencias grupo control y experimental postest según el estilo cognitivo ítem 9.	126
Figura 71. Diferencias grupo control y experimental pretest según el estilo cognitivo ítem 2.	127
Figura 72. Diferencias grupo control y experimental postest ítem según el estilo cognitivo 2.	128
Figura 73. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo ítem 6.	129
Figura 74. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo ítem 6.	130
Figura 75. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo ítem 2.	131

REPRESENTACIONES EN QUÍMICA Y ESTILO COGNITIVO

xxvi

Figura 76. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo postest	132
Figura 77. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo ítem 13.	133
Figura 78. Diferencias entre grupo control y experimental postest según estilo cognitivo ítem 13.	133

RESUMEN

El presente trabajo de investigación describe y analiza los principales elementos, atributos y niveles de representación utilizados por los estudiantes de grado sexto y décimo de una institución educativa del Municipio de Mosquera-Cundinamarca; alrededor de los átomos-moléculas y los fenómenos cotidianos en donde están involucrados. El estudio empleó un tipo de investigación cuasi-experimental de aplicación pre y post. Se trabajó con cuatro grupos intactos: dos de grado sexto y dos de grado décimo, para cada nivel se eligió al azar un grupo control y uno experimental; en el cual se implementó la estrategia pedagógica denominada *múltiple representación en química*; el efecto de dicha propuesta se determinó mediante estadística descriptiva e inferencial. Para identificar las representaciones de los átomos y las moléculas se diseñó el instrumento *Test de niveles de representación atómico-moleculares*. El estilo cognitivo en la Dimensión Dependencia e independencia de campo se identificó por medio del Test de Figuras Enmascaradas (EFT).

Los datos recolectados fueron analizados dependiendo el resultado de las pruebas no paramétricas (Wilcoxon, U de Man Whitney y Kruskal-Wallis). Se encontró que la propuesta presentó un efecto positivo en la representación de los átomos y moléculas mediante el uso de palabras y formas en el grado sexto y en la representación de moléculas y átomos mediante imágenes en el grado décimo. Los niveles representacionales presentan cierta relación con el estilo cognitivo; de tal forma que los dependientes de campo adquieren con mayor facilidad los niveles microscópico y simbólico; mientras que los independientes de campo optan por los niveles macro y micro principalmente. La propuesta de intervención favorece el proceso representacional de los sujetos dependientes de campo.

Palabras clave: Representaciones, Nivel microscópico, Nivel macroscópico, Nivel simbólico, Estilo cognitivo, DIC.

ABSTRACT

The present research work describes and analyzes the main elements, attributes and levels of representation used by students of sixth and tenth grade of an educational institution of the Municipality of Mosquera-Cundinamarca; around the atoms-molecules and the everyday phenomena where they are involved. The study used a type of quasi-experimental research of pre and post application. We worked with four intact groups: two of sixth grade and two of tenth grade, for each level a control and an experimental group were randomly chosen; in which the pedagogical strategy called multiple representation in chemistry was implemented; The effect of said proposal was determined by descriptive and inferential statistics. To identify the representations of atoms and molecules, the instrument Test of levels of atomic-molecular representation was designed. The cognitive style in the Dimension Dependence and field independence was identified through the Masked Figures Test (EFT).

The data collected were analyzed depending on the results of the nonparametric tests (Wilcoxon, U of Man Whitney and Kruskal-Wallis). It was found that the proposal had a positive effect on the representation of atoms and molecules through the use of words and shapes in the sixth degree and in the representation of molecules and atoms through images in the tenth grade. The representational levels have a certain relationship with the cognitive style; in such a way that the field dependents acquire more easily the microscopic and symbolic levels; while field independents opt for the macro and micro levels mainly. The intervention proposal favors the representational process of field dependent subjects.

Keywords: Representations, Microscopic level, Macroscopic level, Symbolic level, Cognitive style, DIC.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación muestra el efecto de una propuesta pedagógica en las representaciones que del átomo y las moléculas realizan un grupo de estudiantes y su relación con el estilo cognitivo. Se muestran los principales elementos utilizados antes y después de la aplicación de la propuesta pedagógica denominada *múltiple representación en química*. El estudio fue realizado en el grado sexto y décimo de una institución educativa del Municipio de Mosquera Cundinamarca. El interés se centra en determinar el impacto de la propuesta y las relaciones y niveles usados por los sujetos alrededor de átomos y moléculas en la interpretación de fenómenos y situaciones.

En primer lugar, se presenta el planteamiento del problema haciendo énfasis en el lenguaje de la química y sus niveles representacionales. Se plantean algunas de las dificultades presentes en las representaciones de los átomos y moléculas que han ocasionado que el aprendizaje de la química sea poco eficaz. Seguidamente, se enuncia la posible influencia del estilo cognitivo en la forma en que los sujetos representan a los átomos y moléculas. Se expresan los objetivos de investigación enfocados hacia el impacto de la propuesta pedagógica (*múltiple representación en química*) en el uso de elementos y niveles representacionales y su relación con el estilo cognitivo en la dimensión Dependencia e Independencia de Campo.

El siguiente apartado trata acerca de los hechos que justifican la pertinencia del estudio. Para ello se exponen algunos referentes teóricos que involucran a las representaciones y al estilo cognitivo. Desde allí, se inicia el recorrido hacia la búsqueda de relaciones entre los modos de representar y la forma de percibir y estructurar la información. Luego se muestra el desarrollo metodológico de la investigación, donde se describe cada una de las fases que se tuvieron en cuenta para la implementación de la estrategia y la elaboración de un instrumento de recolección de información, denominado Test de niveles de representación atómico-molecular.

Se continua con la presentación de los resultados mediante el uso de figuras que explican la elaboración de etiquetas para la interpretación de las repuestas suministradas por los estudiantes. Con este insumo se procede al análisis de las diferencias evidenciadas y su relación con el estilo cognitivo en la dimensión dependencia-independencia de campo. Finalmente, se

exponen las conclusiones obtenidas a partir del proceso investigativo; en donde se explicita la tendencia de cada uno de los polos de la dimensión por el uso de determinados elementos, atributos y niveles representacionales. Se finaliza el documento con el anexo relacionado con el instrumento diseñado, la validación por juicio de expertos realizada para el mismo y estadísticos de prueba realizado para los datos.

Las representaciones tiene grandes implicaciones para la enseñanza y aprendizaje de la química; puesto que no aprehendemos el mundo directamente, sino que lo hacemos a partir de las representaciones que de ese mundo hacemos en nuestras mentes (Moreira, Greca, & Rodríguez, 2002). Las personas elaboran representaciones acerca de los fenómenos, conceptos o situaciones; por ello no se puede concebir a un estudiante como ente pasivo; receptor de información, sino como constructor activo de conocimiento.

Las representaciones que elaboran las personas no son arbitrarias, desempeñan un papel representacional analógico estructural y directo (Moreira, Greca, & Rodríguez, 2002). Por consiguiente, no es posible juzgar su veracidad con respecto al mundo. Pues al no ser una aprehensión directa de este, se suscriben en un modelo mental y es a partir de él que pueden interpretarse. La construcción de modelos mentales lleva implícita la presencia de elementos y relaciones, así cuando un estudiante construye un modelo mental de una molécula, hay elementos, identidades que representan a los átomos y otros que representan a los enlaces; es con estos elementos que elabora un sustituto. Por ejemplo, cuando se dice que las moléculas vibran constantemente, la persona da operatividad al sustituto haciéndole vibrar mentalmente; para ello, recurre a experiencias cotidianas que sirven de referente al fenómeno de vibración.

La fuente primaria de los modelos mentales es la percepción, pero también son contruidos a través del discurso o de la imaginación (Moreira, Greca, & Rodríguez, 2002). La apropiación de cualquier aspecto de la realidad, supone representar; es decir, construir un modelo mental. Según Ordenes, Arellano, Jara, & Merino (2013), diversos estudios muestran que la enseñanza de la química es en parte reproductiva y centrada en el profesor, dominando un planteamiento basado en la transmisión de conocimientos mediante una transposición analítica: el profesor media contenidos que el alumno recibe pasivamente, complementados con prácticas de laboratorio que poco ayudan al cambio del rol del estudiante como agente pasivo. El docente asume la comprensión de ciertos conceptos, procesos y operaciones por parte del estudiante, principalmente por una secuenciación lineal de contenidos; que permite suponer que la formación académica de los alumnos avanza de forma adecuada a medida que cursa cada año escolar. Sin embargo, la realidad muestra que aún después de un buen tiempo, los estudiantes no logran representar, conceptualizar e incluso describir con propiedad el átomo y las moléculas.

Las representaciones que del átomo y las moléculas elaboran los estudiantes constituyen un problema didáctico, dado que los átomos y moléculas están alejados de la experiencia cotidiana y los modelos que de este se elaboran son fundamentalmente para facilitar su comprensión (Farias, 2012). Dichas representaciones se distancian de forma importante de las reglas lógicas de razonamiento. En palabras de Tamayo (2006), estos modelos mentales son empleados cotidianamente para relacionarnos con el mundo, independientemente del contexto y de la situación en que nos encontremos; son usados de forma espontánea e incluso de forma inconsciente. Por ello, su relevancia en la enseñanza y aprendizaje de la química y su posible relación con el estilo cognitivo en la dimensión dependencia e independencia de campo, ya que las representaciones personales sobre el mundo no son algo destinado solo a los estudiantes y profesores. Todos los sujetos poseen modelos informales sobre cualquier área de la realidad y no es sobre el cómo se representa en donde se debe hacer énfasis, sino en la forma en qué se hace en donde habría que centrar la atención.

Las concepciones alternativas son estructuras cognitivas que interactúan con la información que llega del exterior y desempeñan un papel relevante en el aprendizaje (Alís, 2005). Para Gil, Mayoral & Sara (2015) las concepciones alternativas, ideas previas, conocimiento implícito y modelos mentales son algunas acepciones con que los investigadores se refieren a las representaciones que los estudiantes poseen del mundo. Si se compara el conocimiento científico, aquel que tiene el experto, con las representaciones que los alumnos construyen; estas representaciones suelen ser juzgadas como inferiores o erróneas, subvalorando la actividad del alumno. Si bien el término concepción o marco alternativo pone un mayor énfasis en la existencia de ideas asimiladoras e indica que los alumnos desarrollan representaciones autónomas para conceptualizar su experiencia con el mundo. En esta investigación se elige el uso de representaciones en vez de concepciones alternativas por considerar que al hablar de concepción se invoca ineludiblemente a su transformación o modificación para el aprendizaje y se deja a un lado la posibilidad de estudiar a profundidad los elementos y atributos que estas poseen para pensar la enseñanza. Además, gran parte de estos marcos alternativos ofrecen pistas acerca de la forma como los sujetos piensan o por lo menos los elementos que utilizan para pensar acerca de los átomos y las moléculas; aspecto que puede ser abordado de mejor manera desde el concepto de representación.

El estudio de las concepciones alternativas ha venido tomando diversos matices. Según Oliva (1999), desde finales de 1980 hay cuatro líneas de estudio que intentan profundizar en el estudio de las concepciones alternativas. Una de estas líneas es aquella que introduce fundamentos teóricos procedentes de la psicología cognitiva y de la inteligencia artificial. Desde allí, se han caracterizado a las concepciones alternativas como formas de conceptualizar las representaciones; es este enfoque el que sirve de referente en esta investigación orientada a comprender las características de las representaciones de átomo y molécula que poseen los alumnos. Entender la forma en que los sujetos construyen y transforman sus representaciones y qué elementos son los más usados, implica reconocer y saber cómo están representados en su mente los átomos y las moléculas (Tamayo 2016). Estas representaciones no trabajan de forma desordenada sino lo hacen de forma estructurada y con cierto grado de lógica y coherencia. Es sobre la estructura y la lógica de estas representaciones en que pone el énfasis este estudio.

La teoría atómica ocupa un nivel central en la enseñanza de la química, ya que involucra los tres niveles de descripción o representación: el simbólico, macroscópico y microscópico. El estudio de las representaciones de los átomos y moléculas no solo permite la mediación de los conceptos y leyes fundamentales de la química; sino que sirve como herramienta metodológica para hacer explícito el conocimiento estratégico necesario para entender la química. Tal vez para los que se dedican a trabajar con ella les parece obvio y fácil aceptar que la materia sea discontinua pero no es así para todos y mucho menos para los estudiantes que tienen que convivir en el aula de química con un concepto recurrentemente mencionado: los átomos. Estas entidades que los químicos de principios del siglo pasado no dejan de mencionar y que forman parte obligatoria de la enseñanza de la disciplina desde la secundaria hasta la universidad (Chamizo, 1996).

En la representación microscópica de la materia, es tal vez en donde mayor dificultad se presenta por parte de los estudiantes; lo que conduce a un escaso entendimiento de la química. Constantemente en la enseñanza de diferentes contenidos se hace referencia o alusión al átomo o molécula para explicar diversidad de fenómenos. Por el escaso manejo del nivel microscópico es que a los estudiantes les resulta difícil aprender la química. Muchos estudiantes entre los 11 y 18 años de edad presentan errores conceptuales en química y aún así se esfuerzan por comprender las ideas abstractas (Ordenes, Arellano, Jara, & Merino (2013).

El problema no es que el estudiante presente concepciones alternativas o modelos mentales; la dificultad radica en que sean tan estables y resistentes al cambio. La inclusión del estilo cognitivo en la dimensión Dependencia e Independencia de campo dentro del estudio de las representaciones en el aprendizaje de la química, se debe a que se considera que el análisis del procesamiento de la información puede develar pistas de cómo modificar o por lo menos estructurar las representaciones o ideas que elaboran los estudiantes y así lograr mejores desempeños en el área. Se espera contribuir a la interpretación de las representaciones desde un enfoque más detallado de los elementos que componen estos esquemas o concepciones acerca de la naturaleza de la materia y la influencia del estilo cognitivo en dichas representaciones.

En este sentido esta investigación toma el constructo de dependencia e independencia de campo, como la forma en que el individuo adapta y asimila la información. Sin interacción directa con el medio, siendo una dimensión subyacente y relativamente permanente expresada indirectamente y vivenciada en muchos momentos del aprendizaje (Buela-Casal, De Los Santos & Carretero, 2001). La forma de representar el átomo por parte de un estudiante puede estar influenciada por los filtros que él mismo impone dentro del tratamiento de la información; como lo expresa Aramburu (2004), en la resolución de tareas formales interfieren los estilos cognitivos, las concepciones espontáneas y el contenido de la tarea.

La dimensión independencia-sensibilidad al medio, más conocida como dependencia e independencia de campo es un constructo incorporado en el proceso llevado a cabo por Witkin y colaboradores (1962) en el desarrollo de la teoría de la diferenciación psicológica. Esta teoría, permite explicar las diferencias individuales en los rasgos característicos y estables en la personalidad del individuo, manifestadas en las actividades perceptivas y de estructuración referidas a la forma por encima del contenido. Al tratarse de un constructo bipolar los sujetos se distribuyen en el continuo DC-IC (dependientes de campo-Independientes de campo), de ahí que se consideran relativamente independientes o dependientes de campo. Los IC tienden a considerar el campo perceptivo de forma articulada, distinguiendo sus componentes de forma discreta, lo que les permite imponerle su propia estructura en el caso de que se carezca de ella o esta fuese precaria. Mientras que la percepción de los DC es más global y la capacidad para romper la estructura de un campo organizado se dificulta (López, 1987).

Por lo anterior, no solo es importante tener en cuenta el estilo cognitivo del estudiante dentro del aprendizaje de la química, sino que es necesario aportar información empírica que

permite analizar la forma como un estudiante (previa caracterización de su estilo cognitivo) justifica la representación que del átomo o molécula elabora; puesto que las representaciones son producto de una significación exterior o interior, elaborada durante el funcionamiento cognitivo. Cualquier intento de apropiación de la realidad, supone representar; es decir, construir un modelo mental constituido por aspectos lingüísticos y representacionales. El análisis de las representaciones y su relación con el estilo cognitivo tiene importancia en este estudio, ya que las diferencias en el procesamiento y percepción de la información pueden dar indicios acerca de qué elementos y atributos influyen en las representaciones que de átomos y moléculas construyen los estudiantes. Además, El uso de la psicología cognoscitiva permite el paso de la descripción de los niveles de conocimiento a su interpretación desde constructos no observables de la cognición humana (Benarroch, 2001).

El constructo de estilo cognitivo en la dimensión Dependencia e Independencia de Campo, podría estar asociado en la generación de concepciones alternativas o a modos particulares de representación como variable asociada que explicaría su origen en los elementos perceptivos (López, 1987). Este proyecto de investigación parte del supuesto que, las características asociadas a cierto polo de la dimensión Dependencia - Independencia de Campo pueden favorecer o dificultar la enseñanza de la química y que además las estrategias didácticas utilizadas por el maestro pueden resultar benéficas para una dimensión en contraposición con la otra. De esta manera, resulta indispensable descifrar en qué medida la dimensión Dependencia Independencia de Campo afecta la representación que del átomo y la molécula elaboran los estudiantes.

Otra de las dificultades importantes en la enseñanza aprendizaje de la química, tal como plantea Galagovsky & Adúriz-Bravo (2001), son las grandes diferencias entre las representaciones idiosincráticas realizadas por los estudiantes acerca del mundo natural y las representaciones científicas. Para algunos estudiantes el proceso de traducción del lenguaje cotidiano al lenguaje científico no les resulta difícil, pero la gran mayoría tiene dificultades en distinguir y sobre todo en usar los diferentes códigos. En la enseñanza y aprendizaje de la química existe una brecha entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico, que de acuerdo con Galgovsky & Aduriz-Bravo (2001) lleva a crear un sinsentido en los estudiantes y profesores, en donde los estudiantes identifican las formas de responder al profesor y se adaptan rápidamente a estas demandas.

El lenguaje científico es preciso, riguroso, formal e impersonal al contrario del lenguaje cotidiano que prefiere las formas personales y es poco riguroso. El lenguaje científico incluye una visión de mundo propio; en la que los procesos se convierten en nombres y que transforma un mundo en el que pasan cosas en un mundo en el que hay cosas; lo que puede ser difícil de asumir por algunos estudiantes (Márquez, 2005). Ahora bien, si el estilo cognitivo influye en el tipo de información que privilegian los sujetos, es importante determinar qué tipo de elementos o atributos son los más accesibles para los individuos de un determinado polo de la dimensión Dependencia e Independencia de Campo. Para ello, se plantea la propuesta pedagógica denominada *múltiple representación en química*, la cual pretende generar el hábito en los estudiantes de representar en los niveles macroscópico, microscópico y simbólico; cualquiera de las temáticas, situaciones y fenómenos trabajados en el aula de química.

Las preguntas que podríamos formularnos hasta aquí son: ¿existe alguna regularidad en la representación del contenido? ¿nuestra manera de representar la realidad está marcada por nuestro sistema cognitivo? ¿es posible lograr consensos en la percepción? ¿qué papel desempeñan las representaciones en el aprendizaje de la química? Aportar al desarrollo de estos cuestionamientos es uno de los objetivos de este estudio.

Para abordar, los cuestionamientos formulados en el párrafo anterior se ha propuesto la siguiente investigación que persigue el análisis de las representaciones simbólicas, macroscópicas y microscópicas que de los átomos y moléculas elaboran los estudiantes con diferente estilo cognitivo en la dimensión Dependencia e Independencia de Campo. Se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de la *Estrategia de múltiple representación* en las representaciones que del átomo y las moléculas elaboran estudiantes con diferente estilo cognitivo?

Objetivo General

* Determinar el efecto de la estrategia *múltiple representación en química* en la construcción de representaciones alrededor del átomo y las moléculas en estudiantes con diferente estilo cognitivo de una institución educativa del Municipio de Mosquera

Objetivos Específicos

* Analizar las representaciones que de la materia elaboran estudiantes de 11 a 17 años y su relación con el estilo cognitivo en la dimensión Dependencia-Independencia de Campo.

* Establecer cuáles son los niveles de representación más accesibles para los estudiantes y su relación con el estilo cognitivo en la dimensión Dependencia-Independencia de Campo.

Cuando los maestros se encuentran mediando contenidos hacen uso de ecuaciones, gráficos y fórmulas. Para el profesor y los expertos esos modelos tienen un sentido; en cambio, para los novatos, los símbolos y modelos usados puede que no tenga ningún tipo de significación o quizás le otorgue una significación distinta. Es sobre este aspecto en el que esta investigación centra especial interés, pues el reconocimiento de los elementos y atributos usados por los estudiantes en sus representaciones permitirá mejorar la comprensión de las entidades (átomo - molécula) y los fenómenos químicos.

Muchos de los elementos y atributos usados por los sujetos provienen de su sentido común y conocimiento cotidiano (Ordenes, Arellano, Jara, & Merino, 2013). Conocer esos elementos es de suma importancia para entender cómo estructuran y significan las palabras, expresiones y símbolos. Dado que, tenemos diferencias en la forma como percibimos y procesamos la información; no es extraño que haya también diferencias en la comprensión de los contenidos.

Poder determinar las diversas representaciones que se construyen a través de un mismo concepto o fenómeno, es fundamental para poder ayudar a los alumnos a integrar y otorgar movilidad a sus aprendizajes. De este modo, no solo se conocen los significados y elementos que se atribuyen a las palabras, sino que, se puede avanzar en una comunicación efectiva entre docentes y alumnos. Saber qué y cómo piensan los átomos y las moléculas, es el punto de partida para establecer la estrategia adecuada para lograr la movilidad entre los niveles representacionales propios de la química.

Hacer más consciente a los estudiantes del uso de estos niveles representacionales es precisamente lo que busca la propuesta pedagógica de *múltiple representación en química*. Puesto que diversas investigaciones (Boujaude, 1991; Gabriela, Ribeiro, Costa, & Maskill, 1990) han encontrado que los estudiantes no manejan simultáneamente los niveles de representación cuando explican un fenómeno químico, observándose una escasa asociación del nivel simbólico con el particulado (Ben Zvi, Eylon y Siberstein, 1982; Yarroch, 1985; Maloney y Friedel, 1991; Friedel y Maloney, 1992). Según Galagovsky, Rodríguez, Stamati, & Morales (2003), cuando un docente explica un fenómeno químico está figurando los niveles

representacionales macro, micro y simbólico simultáneamente, aunque en su discurso solo exprese uno de ellos alternativa y secuencialmente.

Debido a que los alumnos presentan dificultades en relacionar los niveles macroscópicos y microscópicos de la materia (Ordenes, Arellano, Jara, & Merino, 2013), este proyecto intenta abordar esta problemática a partir de la implementación de la propuesta pedagógica denominada *múltiple representación en química* en estudiantes de 9 a 17 años.

Para que un estudiante, pueda llegar a compartir las destrezas cognitivas del experto, debe lograr moverse a través de los diferentes niveles representacionales (macro-micro-simbólico). El estudio de las representaciones que elaboran los estudiantes permite determinar aquellas palabras o frases que resultan más accesibles para los estudiantes, puesto que a partir de la mediación de los contenidos el estudiante puede representarse cosas diferentes a las que el docente espera. La estrategia de *múltiple representación en química* persigue precisamente que el estudiante logre configurar las destrezas cognitivas del experto.

Este estudio es relevante porque estimula a los estudiantes para que expresen sus ideas mediante distintos lenguajes y no solamente desde el nivel macroscópico. Para que esto ocurra, es necesario que lo que tiene en la cabeza el experto se haga explícito, bien sea a través de expresiones, códigos o lenguajes; o como en este estudio, a través de una estrategia que expresa constantemente el uso de los tres niveles de representación en química.

Si bien es cierto que, muchas de las representaciones que elaboran los estudiantes resultan siendo errores conceptuales; es ilógico pensar que con el simple hecho de realizar una determinada experiencia o mediar una serie de conceptos el estudiante renuncie a lo que internamente ha construido y migre hacia la representación científicamente aceptada. Por ello el interés de este estudio en determinar los elementos y atributos usados antes y después de una intervención pedagógica, pues esto hace que los maestros reflexionen acerca de la necesidad de disponer de tiempos para consensuar y explicar los elementos representacionales y los códigos utilizados durante la enseñanza. La estrategia *múltiple representación en química* busca que los alumnos trabajen de forma similar a los expertos e identifiquen los códigos que más se adapten a su estilo cognitivo.

Por ello, la pertinencia de este estudio que persigue dentro de sus objetivos ahondar en el análisis de estos elementos y su relación con el estilo cognitivo en la dimensión Dependencia e Independencia de Campo. Dado que, se ignoran o se consideran de manera inadecuada las

representaciones de los estudiantes es posible mejorar la comprensión de la química a partir del reconocimiento de los elementos y atributos usados en las representaciones.

Tenemos así como, aprender química consistiría, en llegar a compartir las significaciones y representaciones mentales de los expertos (Galagovsky, Rodriguez, Stamati, & Morales, 2003). Para ello, es necesario hacer explícitos aquellos códigos, símbolos y modelos que generalmente se omiten durante las explicaciones hechas en clase. En esto se basa principalmente nuestra intervención.

En el salón de química, se debe estimular la toma de conciencia acerca de la naturaleza macroscópica de los fenómenos y sus múltiples interpretaciones y explicaciones a nivel simbólico y microscópico. De tal forma que, el estudiante logre un nivel de formulación más adecuado y cercano a lo consensuado en la química. Se parte de la idea de que en la medida en que el estudiante logre cualificar sus representaciones en su estructura cognitiva podrá anclar nuevos contenidos (Galagovsky, Rodriguez, Stamati, & Morales, 2003).

De otro lado, Muchas de las representaciones han sido catalogadas bajo el término de concepción. La palabra concepción permite abordar neutralmente el conocimiento elaborado por el estudiante y da indicios acerca de cómo el sujeto construye una representación mental. Sin embargo, en este estudio se pretende relativizar las representaciones que los estudiantes construyen alrededor de los átomos y moléculas y de los fenómenos en el cual se encuentran inmersas, puesto que, cuando estas representaciones son abordadas desde las concepciones se corre el riesgo de infravalorar las representaciones macroscópicas de los escolares en dominios concretos de la química (Furió, 2007). Es por ello que, adoptamos en esta investigación el término de representación en vez del de concepción alternativa, pues se considera que el conocimiento que construye el estudiante no es una alternativa, es una decisión consciente y coherente que se sustenta a través de lo que el alumno interpreta y reconstruye mediante su sistema cognitivo.

Los niveles representacionales en la química juegan un papel relevante para la enseñanza y aprendizaje. Por lo tanto su estudio debe ser abordado a partir de las bases teóricas de la didáctica de las ciencias; principalmente desde el estudio de las concepciones alternativas y su relación con los conceptos estructurantes de la química. Este capítulo establece la relación de dichas concepciones, los niveles representacionales y el estilo cognitivo.

Origen y Evolución de las ideas, conceptos y representaciones de los niveles microscópico y macroscópico de sustancia y compuesto.

Durante la historia se han construido diversos modelos conceptuales que buscan la interpretación de la diversidad de materiales que hay en la Tierra, así como sus cambios químicos (Furió-Mas & Domínguez-Sales , 2007). Por ejemplo el modelo aristotélico-escolástico, sostenía que el mundo era impuro dado que estaba formado por la mezcla de cuatro elementos, mientras que el mundo celeste estaba formado por un único elemento: el éter. Esta idea cuya hegemonía duro hasta casi el siglo XVI empezó a ser debatida en el siglo XVII mediante la introducción de manera implícita de posturas que sostenían la composición macroscópica de los sistemas materiales a partir de la combinación o mezcla de sustancias, e incluso por una única sustancia que podría ser una sustancia simple o sustancia compuesta. Estas ideas, asumían a la materia como un cuerpo perfecto sin mezcla, en el caso de la sustancia simple; y, un cuerpo perfectamente mezclado para el caso de las sustancias compuestas.

Es posible encontrar dentro del desarrollo histórico de las ciencias, indicios acerca de la forma relativamente estable en que los seres humanos percibimos. Así los aristotélicos-escolásticos en su modelo concebían que la materia se encontraba formada por una única materia prima sobre la cual se habían impreso unas cualidades aportadas por los conocidos cuatro elementos (tierra, aire, fuego y agua) (Furió-Mas & Domínguez-Sales , 2007). Para ellos, el agua estaba formada principalmente por el elemento agua de forma mayoritaria pero también, se podrían encontrar el elemento aire y tierra, idea que se sustentaba en el desprendimiento que se observa cuando esta era sometida a calentamiento y el residuo que queda en el recipiente cuando toda el agua se había vaporizado.

En esta misma época se establecieron las primeras nociones o criterios que permitían diferenciar la diversidad de materiales, estos se clasificaban atendiendo a la posibilidad de ser percibidos o no por los sentidos, aquellos que se podían palpar y pesar se clasificaban como materia corpórea, mientras que aquellos que apenas se veían como los gases y vapores se les clasificaba como materia enrarecida (Furió-Mas & Domínguez-Sales , 2007). Los cambios físicos o químicos que experimentaban las sustancias eran explicados indiferenciadamente, basándose en la transmutación de unos elementos a otros, de este modo el agua y el vapor de agua eran considerados como sustancias diferentes puesto que poseían propiedades físicas distintas.

La evidencia empírica que demostraba que los gases, como el aire atmosférico tenían peso (Torricelli, Pascal, Von Guericke, entre otros), poseían elasticidad como los metales (Robert Boyle), y la existencia de otros gases diferentes al aire atmosférico (Van Helmont); permitió aceptar la materialidad de los gases.

Durante el siglo XVII los avances en metalurgia y el uso medicinal de algunas sustancias químicas propiciaron el desarrollo de las técnicas analíticas. Esto condujo a que fuera introducida la noción operacional de sustancia como cuerpo con un conjunto de propiedades físicas y químicas características, en oposición a la idea de mezcla. Por esta misma época aumentó el número de sustancias conocidas, ocasionando que se realizara una sistematización de los compuestos mediante el uso de tablas que daban cuenta de su reactividad explicada en términos de afinidad. Estos criterios de afinidad ligados a los cambios de la materia permitieron el establecimiento de modelos que intentaban explicar la ocurrencia de dicho fenómenos; por ejemplo Geoffroy describió la formación de compuestos y el análisis químico en términos de desplazamientos, indicando que en la formación de los compuestos las dos sustancia deberían ponerse en contacto y de ser afines se unían, pero al someter esta sustancia a una tercera, la descomposición de la misma se explicaba por qué la tercera desplazaba de su lugar a una de las dos iniciales (Furió-Mas & Domínguez-Sales , 2007).

Estas ideas fueron aceptadas hasta bien entrado el siglo XIX, dando como resultado el abandono de la idea de que todos los sistemas materiales presentes eran mezclas y que las mezclas podrían resolverse en sustancias simples o compuestas. Este es el inicio de un nuevo modelo macroscópico que derrocó al modelo aristotélico-escolástico (Furió-Mas & Domínguez-Sales , 2007).

Explicada de forma coherente la diversidad de las sustancias, los intereses se centraron en los cambios que se observaban y sus propiedades, para ese entonces ya gozaban de reconocimiento las ideas que para la propiedades físicas generales habría propuesto Bernoulli en el siglo XVIII; no se disponía de una representación microscópica general de las sustancias, en cualquier estado y de los cambios sustanciales en las reacciones químicas (Furió-Mas & Domínguez-Sales , 2007); aspecto en el que contribuyó notablemente John Dalton. La idea atomista de Dalton surge de las controversias que se gestaban entre los equivalentistas y atomistas. Los primeros perseguían la búsqueda y obtención de relaciones ponderales de combinación de las sustancias, mientras que los atomistas asumían la materia compuesta por partículas ínfimas, indivisibles que se agruparían de manera distinta en cada compuesto. Este debate condujo a la consolidación de un marco conceptual que concretaba la comprensión de la idea macroscópica de elemento químico en términos microscópicos; al asociarlo a un conjunto de átomos iguales en masa.

Nacen así dos niveles representacionales: uno que concibe a la materia a nivel macroscópico y otro que le atribuye a los cuerpos la existencia de unas identidades denominadas átomos. Estos últimos pueden combinarse para formar entidades más complejas denominadas moléculas. Resulta interesante observar que, muchas de las concepciones que se mantuvieron durante varios decenios aparezcan nuevamente en las representaciones que de los fenómenos construyen los estudiantes, lo que lleva a pensar que en gran parte el proceso representacional ha jugado un papel relevante en el desarrollo y evolución de los conceptos científicos.

Dificultades de la enseñanza y aprendizaje de la química

Un gran número de expertos (Cokelez & Dumon, 2005; Furió-Mas & Domínguez-Sales , 2007; entre otros) coinciden en identificar una serie de problemas en la enseñanza de la química. Entre los que se destaca, la descontextualización de los contenidos de las evidencias experimentales, de su génesis histórica y de su aplicación en la vida cotidiana. La integración de estos aspectos dentro de la enseñanza ha sido sin duda alguna uno de los problemas que más interés ha generado durante la última década en la investigación en didáctica de las ciencias y

constituye el desvelo de docentes y diseñadores de currículo (Galagovsky Lydia & Adúriz-Bravo, 2001).

Esta problemática, ha sido abordada desde múltiples perspectivas que podrían resumirse en tres tendencias: la primera hace alusión a la secuenciación lineal de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, desde la cual se seleccionan unos conceptos básicos que se irán ampliando a medida en que se avanza en la escolarización. Para quienes sostienen esta perspectiva el manejo de ciertos saberes se dará proporcional a los años de escolaridad, suponiendo mayor conocimiento a nivel de las carreras profesionales, lo que resulta contradictorio, si se analizan los resultados de un gran número de investigaciones (Ben Zvi, Eylon y Siberstein, 1982; Yaroch, 1985; Maloney y Friedel, 1991; Friedel y Maloney, 1992), que muestran errores conceptuales incluso a nivel universitario; un segundo enfoque es la visión totalizadora de contenidos, este enfoque se basa en el supuesto de dar una mayor cantidad de contenidos a los estudiantes, los cuales se irán profundizando a medida que se avance por el sistema escolar. Se asume que habrá un conocimiento profundo para un egresado de la titulación en el área; el tercer enfoque es la consideración de una ciencia escolar que asume una visión selectiva de los contenidos desde el relevamiento de los conceptos estructurantes de las ciencias, este enfoque supone que una vez finalizada la educación obligatoria cada alumno tendrá un grado aceptable de alfabetización científica.

Otro de los problemas identificados en la educación química según Caamaño (2006), es que no se le presta atención suficiente a la comprensión de la naturaleza de la química; es decir a los procesos de modelización y experimentación a través de los cuales se obtiene el conocimiento químico. Teniendo en cuenta que la construcción de la química es una actividad humana, hacer explícito este proceso dentro de la enseñanza contribuiría a que todos los estudiantes se vean beneficiados.

En gran parte estas dos dificultades en la enseñanza de la química han generado otra serie de problemas entre los que se pueden mencionar, que muchos de los contenidos se encuentren alejados de los intereses de los alumnos; se arraigan métodos didácticos que poco favorecen la participación y el trabajo en grupo; se utilicen métodos de evaluación excesivamente centrados en la descripción de hechos y resolución de problemas numéricos (Caamaño Ros, 2008).

La enseñanza de la química ha tomado un papel poco coherente con su construcción epistemológica y su trascendencia en la vida cotidiana. La capacidad explicativa de la química

para los estudiantes ha venido reduciéndose considerablemente, generando visiones erradas sobre el trabajo científico y lo que es aún más nocivo explicaciones reduccionistas alrededor de los fenómenos y conceptos. Esto conlleva a, una conceptualización poco elaborada y en ocasiones totalmente desvinculada del objetivo central del aprendizaje de la química. Para Izquierdo (2004) una gran parte de estas dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la química se deriva de un planteamiento inadecuado de la teoría atómica, la cual se presenta al margen de la experiencia química, siendo la experimentación no solo una condición para el aprendizaje, sino un punto clave para darle sentido a la teoría atómica química.

Retomando la propuesta de Izquierdo (2004), el planteamiento inadecuado de la teoría atómica, se debe principalmente a que no se hace explícita la relación entre la teoría atómica de Dalton y la teoría atómica moderna. Ambas son teorías que han aportado al conocimiento químico. Por un lado, la teoría atómica de Dalton es un proceso de reestructuración conceptual, que buscaba explicar la evidencia obtenida hasta entonces alrededor de la composición de las sustancias y las relaciones cuantitativas que se podrían establecer en dicha composición. De otro lado, el resultado de una serie de experimentos e ideas, debilitarían dos de los postulados de la teoría atómica de Dalton, mostrando nuevas luces acerca de la divisibilidad del átomo, y la descripción en el nivel microscópico.

La interpretación de la materia a nivel micro ocasionó que, se rompieran las fronteras conceptuales entre la física y la química; generando una serie de problemas conceptuales y epistemológicos, entre los que se destaca la visión distorsionadas del trabajo de los científicos. Para los estudiantes los hombres de ciencia se dedican a descubrir partículas cada vez más pequeñas que en nada beneficiarían a la sociedad. El desconocimiento de los objetivos que persiguen los científicos hace que el docente establezca prácticas inadecuadas, que ponen en riesgo el avance de la investigación química ya que son cada vez menos las personas que se interesan por la ciencia dado a que no la comprenden.

El escaso manejo conceptual de los estudiantes también es un problema que podría explicar la apatía y el desinterés por el aprendizaje de la química. Un análisis más detallado del asunto nos conduce a reconocer la complejidad de la enseñanza ya que no solo habría que tener en cuenta la naturaleza de la química sino también el estilo cognitivo, las representaciones (concepciones espontáneas) y el contenido en sí.

Las concepciones alternativas o ideas espontáneas se han convertido en el eje medular de la didáctica de las ciencias. Se ha determinado que son producto del razonamiento espontáneo, esquemas preestablecidos y la interacción con el medio social. Estas concepciones dificultan el aprendizaje de la ciencia porque generalmente el conocimiento del mundo natural no coincide con la experiencia sensorial que realiza el sujeto. Por ello, para el estudiante el mundo microscópico resulta incomprensible y es más fácil estructurarlo con lo que ya posee; es decir, el mundo macroscópico pero en versión diminuta.

La comprensión del comportamiento de los átomos por parte de los estudiantes resulta problemática, porque tal como lo plantea Chamizo (1996) lo más fácil para el profesor es y ha sido recitar que la materia es discontinua y para los alumnos repetir que desde luego hay átomos electrones y quarks. Tal vez el estudiante conteste pruebas de forma tal que el docente asume la interiorización de la teoría por parte del discente, pero ¿realmente el estudiante acepta la teoría? Las razones para aceptar o no una teoría pueden ser muchas y variadas y a la teoría atómica como fue propuesta a principios del siglo XIX por Dalton le costó casi cien años ser aceptada y lo fue como resultado de innumerables discusiones entre los más destacados científicos del momento (Chamizo, 1996).

En la enseñanza de la química constantemente son mencionados átomos y moléculas como referentes para explicar diversidad de fenómenos, sin explicitar directamente su constitución, formación o representación, dando por hecho que los estudiantes van a caer en cuenta de estos aspectos. De acuerdo con Lemke (1997) a los estudiantes se les muestra un conjunto de habilidades sutiles y complejas y se espera que ellos deduzcan información que debería hacerse explícita. Es sobre este aspecto en el que este proyecto de investigación ha puesto su atención.

El panorama no es nada alentador, cada vez hay mayor desinterés, incomprensión de las temáticas y apatía por el estudio de las ciencias. No es una casualidad el hecho que la enseñanza y aprendizaje de la química haya resultado poco eficaz, encontrándose graves problemas conceptuales y epistemológicos en estudiantes independientemente de su nivel de formación, por lo tanto es necesario abordarlos urgentemente (Izquierdo, 2004).

Dificultades de los estudiantes alrededor de los conceptos de sustancia y compuesto químico.

Diversas investigaciones (Andersson, 1990; Gabel, Samuel & Hunn, 1987; Harrison & Treagust, 2002; Novick, 1981; Stains & Talanquer, 2007; Stavy, 1989) en el campo de la educación develan que los estudiantes presentan dificultades en el aprendizaje de la química, tanto desde el punto de vista macroscópico como microscópico. Estas dificultades están asociadas a la experiencia cotidiana, considerando materia a todo aquello que se puede ver, tocar, tenga masa; quedando excluidos los gases.

En cuanto a las concepciones de los alumnos sobre los átomos, moléculas y sistema de partículas Trinidad & Garritz (2003) presentan una revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. Los autores referencian diversos estudios alrededor de como conciben los átomos los estudiantes; se cita un estudio realizado por Pozo et al (1991) en donde indican que los alumnos conciben al átomo como la unidad más pequeña de la materia fruto de un proceso de división. De acuerdo con esto, para Pozo et al, no es sorprendente que se proyecten propiedades macroscópicas sobre los átomos y las moléculas. Concluye diciendo que el común denominador de las investigaciones realizadas sobre la temática reportan que los estudiantes atribuyen a los átomos propiedades macroscópicas, características animistas (los átomos tienen vida por ejemplo), no asumen el movimiento constante de los átomos, niegan el peso de los mismos al igual que sus interacciones y le asignan fuerzas para explicar su comportamiento.

Al respecto Trinidad & Garritz (2003) indican que, son pocos los estudios que van más allá de enunciar las concepciones alternativas y se deciden a programar, aplicar y evaluar acciones correctivas. En cierta medida esto se debe a que en la representación de lo no observable, las imágenes que construyen los sujetos son insuficientes para comprender la estructura de la materia; por consiguiente esta incomprensión resulta siendo un factor limitante para el aprendizaje de la química.

La idea de átomo es manejada superficialmente, los estudiantes no le conceden importancia y no son mencionados en la interpretación de los fenómenos químicos (Furió-Mas & Domínguez-Sales, 2007). La carencia de una representación microscópica adecuada del concepto de sustancia, lleva a que los estudiantes no logren diferenciar entre un compuesto y una

mezcla, además de presentar dificultades en discriminar cuando un cambio es químico y cuando es físico.

Para los estudiantes, el nivel macroscópico es el que mayor influencia tiene en su estructura cognitiva. Por esta razón es que, la conceptualización de las sustancias como un sistema microscópico formado por átomos y moléculas es escasamente considerada, lo que explica la reducción del concepto de sustancia al de sustancia simple, atribuyéndole a toda la materia la presencia de partículas sin una clara distinción de cuando se habla de átomos y de moléculas (Furió-Más, Domínguez-Sales, & Guisasola, 2012).

Por todo lo anterior, es fundamental revisar las distintas representaciones que del átomo y la molécula poseen los estudiantes entre los 11 y 17 años, pues en estas se podría hallar una posible salida para superar las dificultades encontradas en los estudiantes.

Concepciones alternativas

Cuando a un estudiante se le plantean determinadas cuestiones relacionadas con algún concepto científico, da con frecuencia respuestas que se encuentran alejadas de las científicamente aceptadas. Estas respuestas son reveladoras de la existencia de una representación mental del concepto implicado y constituyen lo que denominamos concepción alternativa (Furió-Más & Solbes, 2004). Los errores conceptuales generalmente subyacen a la existencia de una concepción alternativa, pero no toda concepción alternativa puede catalogarse como un error. Es en la concepción alternativa en donde aparece la representación como forma o modo característico de procesar y percibir la información. El concepto de concepción alternativa se halla muy próximo a muchos de los constructos teóricos de la psicología cognitiva; por ello la naturaleza y funcionamiento de las representaciones son un problema crucial no sólo a nivel psicológico sino también didáctico (Pozo, 1993)

La investigación didáctica reciente ha estado centrada por el enfoque de las concepciones alternativas o ciencia del alumno. El objetivo principal de estas investigaciones ha sido identificar las ideas que poseen los alumnos en dominios específicos de las ciencias. Muchos de estos estudios, se centran en una sola idea o concepto aislado, identificando nociones precientíficas y dejando a un lado la estructura y organización de los conocimientos en la mente

de los escolares (Pozo, 1993). Es en los contenidos y en la construcción de estos, es donde tiene punto de encuentro la psicología cognitiva y la didáctica de las ciencias.

No todas las respuestas que frente a un fenómeno da un estudiante pueden ser catalogadas como concepciones alternativas. En las repuestas de los estudiantes se encuentran un gran número de factores contextuales que afectan el rendimiento en una tarea, por ello controlar y manipular las variables del sujeto y de la tarea puede afectar el rendimiento y no necesariamente los resultados dan cuenta de una evolución en las concepciones; es decir, a medida que se socializan la forma como los expertos representan los fenómenos científicos se migra a representaciones más próximas a las concepciones científicas. El problema no es entonces que concepciones alternativas presenta el estudiante sino más bien qué y cómo representa lo que observa, infiere, piensa o aprende. Para ello, se hacen necesarias investigaciones experimentales y cuasiexperimentales en los que sea posible controlar ciertas variables; tanto de la tarea como del alumno (Pozo, 1993).

Los alumnos cuando se enfrentan a una tarea determinada ponen en marcha una serie de procesos psicológicos que influyen en su rendimiento y que no siempre reflejan concepciones estables y duraderas. El cambio en la representación no necesariamente se debe a la evolución de la concepción, sino más bien son el producto de la interacción de las condiciones de la tarea y de su propio sistema cognitivo que incide en la activación de uno u otro proceso. De aquí la importancia de incluir en este trabajo el estilo cognitivo como variable asociada, ya que permite diferenciar a los sujetos en función de una forma o modo particular de percibir y procesar la información. Es la inclusión de esta variable la que nos da indicios acerca de la organización que adoptan las ideas científicas en la mente de los alumnos.

Las concepciones alternativas según Pozo (1993), se ajustan más a lo que hoy en día se conoce como una categoría natural o concepto probabilístico de límites difusos que a una categoría lógica como por ejemplo los conceptos científicos. Las concepciones alternativas no serían conceptos duraderos y estables, presentes explícitamente en la memoria de los alumnos, son más bien representaciones implícitas que en un gran número de casos se construyen ad hoc o sobre la marcha para poder entender. De aquí la importancia del interés por los factores o variables que determinan la activación de una u otra representación en un momento dado (Pozo, 1993). En otras palabras, no se trata de investigar qué concepciones alternativas tienen los

estudiantes acerca del átomo y la molécula, sino analizar cuál de sus representaciones activa ante una situación determinada y qué variables determinarían su activación.

En la investigación sobre concepciones alternativas las formas más comunes con la que se realiza su identificación es a partir de preguntas (orales, escritas o manipulativas), entrevistas abiertas, diálogo socrático, discusiones sobre ejemplos y fenómenos, entrevistas clínicas, respuestas escritas, abiertas o cerradas y el dibujo de diagramas o esquemas son los principales métodos utilizados (Vásquez, 1990).

Las ideas alternativas se hallan generalmente extendidas en un gran número de sujetos de la población estudiantil; a partir de distintas técnicas se ha podido determinar que los estudiantes presentan: estrecha relación entre y movimiento para explicar el movimiento de los cuerpos, asociación entre la flotación de los cuerpos y su peso, inmaterialidad de los gases y escaso reconocimiento de los mismo en las reacciones químicas, influencia del medio físico en el genotipo de los seres vivos, la transferencia de las propiedades macroscópicas de las sustancias a los átomos, entre otros (Furió-Más & Solbes, 2004).

El común denominador de los trabajos relacionados con las concepciones alternativas en diversos dominios de las ciencias naturales, indican que los esquemas mentales que el estudiante construye para interpretar un fenómeno en función de la información que reciben de profesores y textos, generalmente están basados en el sentido común y son cercanos a la realidad perceptible (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001).

Varela (1992) en su tesis doctoral relaciona las concepciones alternativas con el estilo cognitivo en la dimensión Dependencia e Independencia de Campo (DIC). Cita a Corral (1982) quien investigó la influencia del estilo cognitivo en la resolución de dos tareas piagetianas que implicaban el esquema de control de variables. Corral (1982) concluye que los Independientes de Campo (IC) incluyen en sus respuestas variables relevantes en la interpretación de los fenómenos, mientras que los Dependientes de Campo (DC) presentan mayor dificultad para modificar sus concepciones alternativas; además, son más vulnerables ante contenidos de dificultad específica. Varela (1992) concluye que a partir de los trabajos de Corral (1982) el constructo Dependencia e Independencia de Campo correlaciona con las respuestas de los sujetos en lo relacionado al control de variables y en menor medida con las concepciones alternativas.

Otro estudio mencionado por Varela (1992) es el realizado por Pozo (1987). Este estudio explora la relación de la DIC con la organización conceptual, para ello se estudian los esquemas

alternativos frente a cinco ideas: inercia, caída de proyectiles, gravedad, velocidad/aceleración y caída de una bola por un plano inclinado. A partir de los datos recolectados Pozo (1987), concluye que los IC tienen ideas más estructuradas en la temática de mecánica. La correlación reportada fue explicada desde la reestructuración de la información dado que algunos fenómenos requieren la separación o combinación de conceptos y variables.

Varela (1992) reporta el estudio realizado por Chandran et al (1987), que buscaba determinar la correlación entre las variables cognitivas descriptivas entre las que se mencionan: razonamiento formal, DIC, capacidad de memoria y conocimientos previos y un conjunto de variables de rendimiento ligadas al laboratorio, cálculos y contenidos químicos.

El estudio concluye que no existe una correlación significativa entre las dos variables estudiadas. Lo que llama la atención de los investigadores quienes determinaron que los conocimientos previos correlacionan significativamente con todas las variables de rendimiento. El análisis expuesto por Varela (1992) indica:

“... en la misma línea planteada por los resultados obtenidos por Pozo la relación entre la DIC y las ideas de los estudiantes en campos específicos del conocimiento es un asunto necesitado de más investigaciones con el fin de llegar a algunas concordancias suficientemente relevantes” (Varela (1992) p. 209).

Benarroch (2001) plantea que, aun en esta línea se encuentran contradicciones y cuestiones a resolver, algunas de estas, podrían ser resueltas si se realizan estudios evolutivos que permitan mostrar cómo se desarrolla el conocimiento de los alumnos en un área específica. Expone de igual manera, la ausencia de un marco teórico que haciendo uso de la psicología cognitiva permita pasar de la simple descripción de los niveles de conocimiento a su interpretación en términos de constructos no observables de la cognición humana.

En concordancia a lo anteriormente expuesto, los estilos cognitivos resultan un constructo promisorio dentro de la interpretación de las concepciones alternativas. El estilo cognitivo es utilizado para enfrentarse a todas las formas de estimulación sensorial estando en consecuencia ligados con la forma de procesar el conocimiento, siendo pertinente tal como lo plantea Duschl (1994) avanzar más y realizar análisis que nos ayuden a comprender el origen de las concepciones o las estrategias implicadas en el uso de estas.

Naturaleza corpuscular de la materia

Benarroch (2000) en su investigación buscó dilucidar la evolución de las concepciones alternativas con relación a la edad y la experiencia escolar. El resultado de este trabajo describe cinco niveles de esquemas explicativos de los estudiantes cuando son sometidos a situaciones que requieren respuestas significativas en términos corpusculares; se determina que la instrucción juega un papel clave para la evolución de los estudiantes de un nivel a otro.

Los participantes en el estudio fueron sometidos a tres situaciones (disolución de un sólido granular, mezcla de alcohol y agua y la comprensión de un gas), de las respuestas obtenidas se establecieron cinco niveles que permitieron el análisis de la información recolectada. Nivel I caracterizado por una imagen de materia continua y estática, las explicaciones frente a las situaciones presentadas a los alumnos no traspasan la barrera de lo observable. Nivel II. Modelos de materia continuos pero enriquecidos por elementos que intentan dar explicación a los datos empíricos. Nivel III. Evolución conceptual con implicaciones corpusculares, no se concibe la existencia de vacío, las propiedades percibidas en las situaciones incluyen a la proximidad de partículas y al aumento de tamaño de estas, adjudicando los cambios y propiedades de la materia a las partículas microscópicas. Nivel IV. Este nivel incluye la existencia del vacío, algunos incluyen el subesquema de movimiento. Nivel V. este nivel es coincidente con el contenido académico de enseñanza concibiendo la materia como un sistema de interacción entre partículas, con movimiento continuo y vacío entre ellas. Se evidencia evolución de los sujetos ubicados en el nivel I, III y IV, quienes se acomodan a niveles superiores sin embargo los que se ubican en el nivel II permanecen allí, esto se atribuye a la presencia de esquemas operatorios generales (Benarroch, 2000).

Basado en los hallazgos anteriores Benarroch (2001) describe un marco teórico para interpretar los resultados obtenidos y los mecanismos de cambio para pasar de un nivel a otro, para ello establecen que el cambio de un nivel explicativo a otro está relacionado con dos agentes cognoscitivos los esquemas operatorios generales y esquemas específicos. Dichos esquemas tienen importantes implicaciones didácticas, por lo que la autora sugiere objetivos diversificados para la educación primaria y para la educación secundaria. En la primaria los esfuerzos irían

direccionados al desarrollo cognoscitivo desde el punto de vista macroscópico mientras que en la enseñanza secundaria los objetivos estarían centrados en el desarrollo esquemas específicos (Benarroch, 2001). No obstante, esta interpretación de los resultados desde este modelo teórico suscita la reflexión alrededor de constructos no observables tales como los estilos cognitivos.

Estructura atómica

En un estudio realizado en Argentina en el año 2000 se indagaba acerca del reconocimiento del átomo como constituyente de la materia viva e inerte. Se determinó que los estudiantes no tienen ideas claras acerca de la estructura de la materia, los alumnos carecen de una estructura cognitiva que les permita dar sentido a los conceptos de la teoría atómica; posiblemente debido a que estos aspectos se encuentran alejados de su percepción inmediata, dificultando su comprensión y entendimiento. El estudio también muestra que el estudiante no logra explicar la presencia de fuerzas intraatómicas y por ende la identificación de los quarks como partículas; esto último se explicaría por la no incorporación de esta temática en la enseñanza. Finalmente, los autores exponen la necesidad de investigar alrededor del papel de la instrucción en la evolución de las ideas que presentan los estudiantes y el favorecimiento de estrategias que tiendan a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática (De La Fuente, Perrot, Dima, Gutierrez, Capuano, & Follari, 2003).

En concordancia a lo anteriormente expuesto los estilos cognitivos resultan un constructo promisorio dentro de la interpretación de las concepciones alternativas. El estilo cognitivo es utilizado para enfrentarse a todas las formas de estimulación sensorial estando en consecuencia ligados con la forma de procesar el conocimiento, siendo pertinente tal como lo plantea Duschl (1994) avanzar más y realizar análisis que nos ayuden a comprender el origen de las concepciones o las estrategias implicadas en el uso de estas.

Como pueden observarse, son escasos los trabajos que relacionan los esquemas mentales, concepciones alternativas y representaciones con la dimensión Dependencia e Independencia de Campo, pareciera que no hay un consenso acerca del papel que desempeñan las preconcepciones de los sujetos en el procesamiento de la información. Abundan los trabajos que hablan específicamente de las concepciones y de su caracterización, como un tesoro de esquemas

alternativos presentados en estudiantes y a los cuales habría que hacerlos evolucionar o transformarlos para intentar lograr algún tipo de aprendizaje.

El problema de las representaciones en la enseñanza y aprendizaje de la química.

Las representaciones pueden considerarse como nociones, signos o conjunto de símbolos que significan algo del mundo exterior o del mundo interior. Se puede representar aquello que percibimos con los sentidos como también algo que nos imaginamos. Las representaciones son construidas por científicos como por cualquier sujeto. En el primer caso se obtendría una teoría o modelo, mientras que en el segundo se hablaría de una teoría intuitiva (Tamayo, 2006).

Los signos o símbolos que utilizamos para representar pueden ser externos o internos. Las representaciones externas son elaboradas con un propósito comunicacional intencional o no intencional. En la enseñanza de la química ciertas notaciones simbólicas son utilizadas para representar algo que se desea comunicar o interiorizar. Las representaciones internas, son aquellas que se estructuran en la mente de los sujetos, ellas nos permiten mirar el objeto en ausencia total del significante perceptible (Tamayo Alzate, 2006).

Las representaciones pueden ser clasificadas como analógicas, proposicionales y modelos mentales (Johnson-Laird, 1983). Para este autor, las representaciones analógicas y las imágenes mentales son el prototipo de un modelo mental; caracterizado principalmente por ser idiosincráticas y altamente específico. Las representaciones proposicionales son representaciones elaboradas a partir del lenguaje, son discretas, abstractas y están estructuradas mediante ciertas reglas de combinación (Tamayo Alzate, 2006). Mientras que los modelos mentales son considerados como análogos estructurales del mundo, son producidos por los individuos durante su funcionamiento cognitivo, se caracterizan por su dinamismo y manipulación mental, lo que permite ser manipuladas para realizar explicaciones casuales y predicciones, estando sujetas a la comunidad en la cual fueron creados.

Estilo cognitivo y su relación con el procesamiento de la información.

Las diversas maneras para afrontar una determinada situación, ponen de manifiesto modos característicos en la percepción, recuperación y empleo de la información. Según Witkin y colaboradores (1976) las personas revelan a través de las actividades perceptivas o intelectuales modalidades típicas de funcionamiento de dimensiones más amplias del mero campo cognitivo situándose cerca de la personalidad (citado en García Ramos, 1989); complementariamente Wright (1976) establece que los estilos cognitivos reúnen rasgos individuales, motivos y preferencias por un lado y criterios lógicos y estratégicos de competencias por otro (García, 1989). Estas definiciones alrededor del constructo de EC permiten decir que, la noción de estilo acoge dimensiones amplias e importantes de las personas, dándole peso a la manera y la forma del proceso de conocimiento.

En este mismo sentido, Hederich (2004), entiende el estilo cognitivo como un conjunto de regularidades, consistentes en la forma de la actividad que se lleva a cabo por encima del contenido; se caracteriza por ser diferenciador, relativamente estable, neutral y sumamente integrador. Cuando un sujeto se enfrenta a un problema organiza los componentes para percibir, almacenar y elaborar una respuesta cognitiva; establece preferencias cognitivas de conceptualizar y organizar el mundo (Rincón, 2013). Estas tendencias se reflejan en las estrategias, planes y caminos específicos llevados por las personas al momento de realizar una tarea; por lo tanto, es conveniente describir las modalidades generales de percepción, organización y procesamiento de la información que un grupo de estudiantes realizan acerca de la composición y estructura de la materia; los elementos que utiliza en la representación y la orientación que le da a la misma, apuntando a configurar sus predilecciones.

Se puede decir que, el individuo pone su atención en un aspecto en particular o integra todos los elementos que percibe; así almacenará uno o varios componentes que le permiten elaborar respuestas con los contenidos cognitivos de la actividad que se le solicite, en aras de la eficiencia del proceso los sujetos desarrollan esquemas para procesar la información, organizarla y conceptualizarla y de esta manera configurar su mundo (Rincón, 2013). Más que alarmarse por la diversidad de formas de pensamiento o estilos de organización, el llamado es a reivindicar las diferencias como riqueza cognitiva (Velasco, 2009).

No obstante, el proceso de percepción puede estar influido por factores contextuales, la personalidad, las creencias, valores e intereses del sujeto y la misma naturaleza de la tarea. Por ello, es relevante prestar atención a las diferencias individuales en el aprendizaje y enseñanza de

las ciencias; puesto que, sí los docentes saben cuáles son los mecanismos de pensamiento de los estudiantes, podrán aplicar metodologías adecuadas (Thagard, 2008).

La investigación alrededor de las diferencias individuales, permitió reconocer divergencias entre la percepción de la verticalidad en los sujetos, además de las diversas y claras manifestaciones en el comportamiento de los individuos. Para Witkin las diferencias individuales en la determinación de la verticalidad tienen proyección en otras tareas perceptivas e incluso en los procesos cognitivos (Tinajero & Páramo, 2013.), así nace la dimensión estilística Dependencia e Independencia de Campo (DIC).

Con respecto a la Dimensión Dependencia e Independencia de Campo, puede decirse que los primeros estudios alrededor de la percepción de la verticalidad tuvieron su escenario con pilotos militares de la segunda guerra mundial. Witkin le pidió a estos sujetos que establecieran la verticalidad de una varilla luminosa en un salón que se había oscurecido previamente para evitar que se tuvieran otros referentes que permitieran realizar la tarea. Las personas fueron sentadas en un sillón giratorio que podía inclinarse hasta un ángulo de 28 grados, a pesar de los movimientos, los participantes debían orientarse hacia la conservación de la vertical y colocar la varilla en la posición correcta (Velasco, 2009). Esta prueba se denominó Rod and Frame Test (RFT) y mostró diferencias individuales en la percepción de la verticalidad: algunos sujetos a pesar de la inclinación acomodaron la varilla muy cerca de la vertical y horizontal, mientras que otros tomaron como referencia el marco y alinearon la varilla con este referente.

Como resultado, de la experiencia anterior los primeros fueron denominados independientes de campo (IC) y a los segundos dependientes de campo (DC); según los afectó el campo circundante. Seguidamente, y con el ánimo de apoyar a la investigación científica Witkin diseñó la prueba de figuras enmascaradas (EFT); basados inicialmente en el diseño de Gottschald, tomó ocho figuras simples y 24 figuras complejas, ocultándolas o enmascarando las simples dentro de estas, colocó un patrón de seguimiento para que los individuos lo tuvieran presente e intentaran descubrir esta figura en la imagen compleja. Las personas que fueron caracterizadas como IC en el RFT mostraron un mejor desenvolvimiento en la tarea, dado que descomponen la información perceptiva en sus diferentes partes centrando su atención en los elementos relevantes (Velasco, 2009).

De hecho, los sujetos a las que se les aplica el test de figuras enmascaradas muestran un notable rendimiento en la tarea cuando confían en el referente que previamente observan, puesto

que el tiempo para desarrollarla es limitado y por lo tanto, quien retenga la imagen observada y logre desenmascarar la figura sin volver a revisar el patrón resolverá un mayor número de figuras, mediante este instrumento los estudiantes en este estudio fueron caracterizados. Sin embargo, dado que las diferencias individuales no siguen un valor único cada muestra deberá tener su propio margen de medida dependiendo de los puntajes obtenidos, partiendo del hecho que quienes mayor número de aciertos tienen son los que se denominan IC en contraposición con los DC.

En el caso de los IC, según lo expuesto por Tinajero & Páramo (2013); los individuos catalogados en dicho polo captan la información más analítica o articulada en contraposición de los DC que tienden a hacerlo de forma global. Este hecho, se observa en la toma de apuntes a partir de discursos orales, en donde los IC utilizan un menor número de palabras en comparación con los DC que tratan de captar la información lo más cercano a lo expresado por el orador. Del mismo modo, los IC parecen tener mayor desempeño en la resolución de problemas puesto que logran focalizar su atención en los datos relevantes ignorando completamente lo irrelevante, acontecimiento que no sucede en los sujetos DC.

Consideremos ahora, la facilidad con la cual los IC expresan el conocimiento condicional, según Tinajero & Páramo (2013) los IC especifican claramente cuándo y cómo deben aplicar una determinada estrategia, dan cuenta de que hicieron y cómo llegaron al resultado; por el contrario, los DC presentan dificultades en expresar este tipo de contenido. Sin embargo, cuando se les ayuda con algunas claves a recuperar los pasos que se llevan a cabo lo logran. Lo anterior, podría explicarse porque los IC mediante una simple frase o imagen pueden sintetizar el contenido de una tarea, además de usar las analogías como herramienta de recuperación de la información.

De otro lado, los resultados presentados por Tinajero & Páramo (2013) permiten suponer que en cuanto a la elaboración de preguntas o al momento de despejar dudas los IC son más concretos que los DC, presentan interrogantes mejor elaborados y específicos frente a una temática determinada. Por ello, los autores plantean el uso de las imágenes para mejorar el aprendizaje de los DC, puesto que este tipo de representación les permitiría centrar su atención, que constantemente se ve influenciada por los referentes externos. En lo relacionado con las funciones ejecutivas los estudios muestran mayor autonomía por parte de los IC ya que la motivación en el desarrollo de una tarea está dada por factores internos, lo que lleva a pensar que los DC estarían motivados más por las calificaciones que por su aprendizaje.

En este orden, el panorama de los DC no es nada alentador ya que el diseño del sistema educativo favorecería a los IC. Por tal razón es pertinente la búsqueda de metodologías que logren armonizar los desempeños de los IC con los sujetos que resultan influenciados por su contexto; por ello, las investigaciones deben intentar reducir la brecha entre Independientes y Dependientes. Como puede verse gran parte de los trabajos de investigación muestran un notable desempeño de los IC en diversas áreas del saber (Buela, De Los Santos & Carretero, 2001), pero pocas indagan acerca del por qué se presentan dificultades en los DC. Por lo tanto, un creciente aumento de propuestas investigativas buscan determinar el alcance de métodos y metodologías para la enseñanza que favorezcan a los dos polos de la dimensión estilística; si bien esto es importante, no resuelve las discrepancias de los IC y DC en cuanto a su aprendizaje, puesto que, no existe una fórmula perfecta que garantice la aprehensión del conocimiento; no obstante, estos proyectos cualifican la labor docente dado que reconocen la diversidad en el aula, pero dejan a la libre elección del profesorado la aplicación de la estrategia.

En definitiva, existe una relación entre el procesamiento de la información y el estilo cognitivo; puesto que cada individuo tiene un modo característico de funcionar que evidencia en las actividades perceptivas de manera estable y profunda. Estas variaciones individuales en los modos de percibir, recordar y pensar generan distintas formas de almacenar, transformar y emplear el conocimiento dándole cierta identidad (personalidad), siendo incluso su huella cognitiva. Muy a pesar de la desventaja que muestran los estudios acerca del desenvolvimiento de los DC en tareas específicas y el uso de estrategias para el manejo de datos, las investigaciones hasta el momento se han centrado en develar el alcance de los individuos, dejando de un lado el análisis a fondo de las elaboraciones que realizan, por tal razón este trabajo abre la posibilidad de interpretar lo que los sujetos hacen con lo que se media en el aula y cómo tanto IC y DC transforman sus experiencias o redireccionan sus aprendizajes a través de la elaboración de representaciones.

En relación con el procesamiento de la información (PI) con lo tratado hasta el momento podemos decir que más que memorizar respuestas los sujetos tienden a imponerle una organización a los materiales que se les suministran; de este modo, le dan un significado al material que sea consecuente con su experiencia. Los estudiantes son buscadores activos y procesadores de datos; seleccionan, prestan atención a las características del medio, transforman

y repasan, relacionan lo nuevo con los conocimientos previos y los organizan para darle algún sentido.

Lo dicho hasta aquí supone que cuando un individuo aborda un problema, primero genera una representación interna del mismo, en el sistema cognitivo busca análogos que den sentido a la tarea, un estereotipo conceptual, un caso particular del concepto, una situación o contexto que permita elaborar una posible respuesta (Rumelhart & Ortony, 1982). Estamos entonces frente al proceso de decodificación del contenido, mediante la utilización de elementos que se encuentran en nuestro sistema cognitivo buscamos responder a la situación; este proceso está influido por la estructura del contenido, las posibles elaboraciones y la existencia de esquemas mentales para el procesamiento (jerarquías, imágenes, mnemotecnia); por ello, no adquirimos una copia fiel de la realidad; cada persona ve y reconstruye el mundo a través de su experiencia, valores, emociones y preconceptos (Carreiras, 1986).

Por lo tanto, la información es la configuración que los sujetos hacen de las cosas, gran parte de esta proviene del exterior, se recoge mediante los órganos sensoriales y se encuentra asociada a un proceso cognitivo. Lo que vemos o escuchamos es procesado antes de ser almacenado e interpretado; nos percatamos de la existencia de la información cuando los sentidos captan las señales provenientes del exterior y se someten a un cierto procesamiento que la convierte en percepciones (Cabrera, 2003). De allí, la importancia que tiene el determinar prioridad que da el sujeto a lo que ve o escucha. De este modo puede establecerse una relación entre el PI y el EC, puesto que algunos autores establecen que se ha podido observar la tendencia de ciertos individuos a usar uno u otro tipo de codificación (Buela, De Los Santos, & Carretero, 2001).

Existen factores que afectan el procesamiento de la información pudiéndose destacar: las relaciones conceptuales o categoriales, características del contenido expreso, el tipo de material, los estímulos físicos que configuran el entorno, el tiempo destinado para la tarea, datos relevantes o irrelevantes, capacidad de memoria, el planteamiento del objetivo, motivación, la cultura, el grado de atención, entre otros (Garzon & Seoane, 2010). Estos influirán directa o indirectamente en la forma como representa o se presenta el sistema cognitivo, ocasionado que hayan diferencias individuales en el cómo los individuos representan los contenidos. En la experiencia docente se puede evidenciar cierta regularidad en las representaciones que hacen los

estudiantes sobre algunos contenidos lo que lleva a pensar la posibilidad de hallar alguna explicación en los estilos cognitivos y su influencia en el aprendizaje de las ciencias.

De otro lado, la información puede concebirse como el significado que le otorgan los individuos a las cosas, lo anterior implicaría que los sujetos “ponen atención a cierta parte de los contenidos que recibe desechando el resto, es decir, seleccionan, desactivando a voluntad lo relevante de aquello que no lo es, el filtraje que hace a los datos es lo que se procesaría y seguidamente se almacenaría o generaría alternativas de repuesta. En la vida diaria enfrentamos continuamente la necesidad de tomar infinidad de decisiones sobre la base de un gran número de informaciones; siendo estas determinaciones las que generan el conocimiento; por ello ante un mismo hecho dos sujetos extraerán conclusiones disímiles y elaborarán imágenes distintas” (Cabrera, 2003).

Si bien es cierto que se elaboran imágenes distintas de la información y que en parte estas diferencias son influenciadas por el sistema cognitivo, el análisis de las características de los componentes de un objeto puede conducir a dos o más versiones del mismo, indagar las representaciones que construyen los sujetos debe permitir encontrar un consenso representacional, y de allí generar estrategias apropiadas de aprendizaje. El Procesamiento de la Información es un proceso que involucra tres visiones: la configuración de los datos, el significado que se le atribuyen a estos y las acciones que se implementan con las elaboraciones mentales; no son necesariamente secuenciales pero están interconectados por las representaciones, desde cualquier visión del Procesamiento de la Información. La representación es el principal insumo de la cognición. La tarea es interpretar cada uno de los posibles escenarios mediante la representación como unidad de análisis del pensamiento, dado que no conocemos el mundo directamente sino que lo representamos por medio de símbolos, esquemas u operaciones, entre otros.

No obstante, habría que plantear la posible influencia de las representaciones en el aprender y su relación con el estilo cognitivo, pues si asumimos que un estudiante elabora una representación adecuada acerca de un fenómeno o concepto, esta le permitirá desenvolverse adecuadamente frente a una tarea. Es decir, si un alumno comprende lo que se le está explicando independientemente del estilo cognitivo que posea podrá tener mejor desempeño en su vida académica. La atención estaría entonces en aquello que le impide avanzar en su proceso académico. De aquí la importancia del acto representacional.

Toda representación, está sesgada por características intrínsecas al sujeto, no correspondientes a la realidad externa (Carreiras, 1986). Captar la realidad refleja las características constituyentes del sujeto cognoscente. La representación que elaboramos de la realidad no abarca la totalidad de los objetos ni es la misma para todos; por ello existirán tantos mundos como sujetos, puesto que el significado de las cosas estarán predefinidas por la organización interna del conocimiento.

Población y Muestra

Este estudio se realizó con estudiantes de grado sexto y décimo de la Institución Educativa Roberto Velandia del Municipio de Mosquera Cundinamarca. La razón por la que se seleccionaron estos dos niveles radica en que es en estos dos grados en donde se concentra el mayor porcentaje de pérdida de asignatura.

Se trabajó con grupos intactos y para cada nivel se seleccionó de forma aleatoria un grupo experimental y un grupo control. A continuación, se presenta la composición de los grupos.

El grupo control décimo (GC10) contaba con 32 estudiantes en edades comprendidas entre los 14 y 17 años, 13 mujeres y 19 hombres conformaban el grupo. El grupo experimental de grado décimo (GE10) tenía 41 estudiantes con las mismas edades del grupo control; 23 mujeres y 18 hombres. El Grupo control sexto (GC6) quedó conformado por 27 estudiantes; 5 mujeres y 22 hombres. El grupo experimental sexto (GE6) habían 29 estudiantes, 21 mujeres y 18 hombres en edades comprendidas entre los 9 y 14 años.

El media de edad en GC6 y GE6 es de 11,56 años, con una desviación estándar de 1,759. En cambio, los grupos de grado décimo muestran una media de 15,48 años con una desviación de 0,911.

Variables

Para este estudio se tienen en cuenta tres variables organizadas de la siguiente manera:

Variable Independiente: Exposición a la estrategia de *Múltiple representación en química*. El objetivo del programa es concientizar a los alumnos del uso de los niveles representacionales microscópico, macroscópico y simbólico en cada uno de las temáticas y fenómenos trabajados durante el desarrollo del pènsun académico propuesto para cada uno de los grados. Esta estrategia solo se empleó en los grupos experimentales, pues los grupos control desarrollaron las mismas temáticas, siguiendo la forma de enseñanza habitual.

La estrategia se implementó en el aula de clase durante 5 semanas; la intensidad horaria de la asignatura era tres horas semanales; para un total de 15 horas efectiva de trabajo para la implementación de la propuesta por grupo, durante la implementación nunca hubo interrupciones

de ningún tipo; la descripción detallada de la propuesta se presenta en página 54 de este documento.

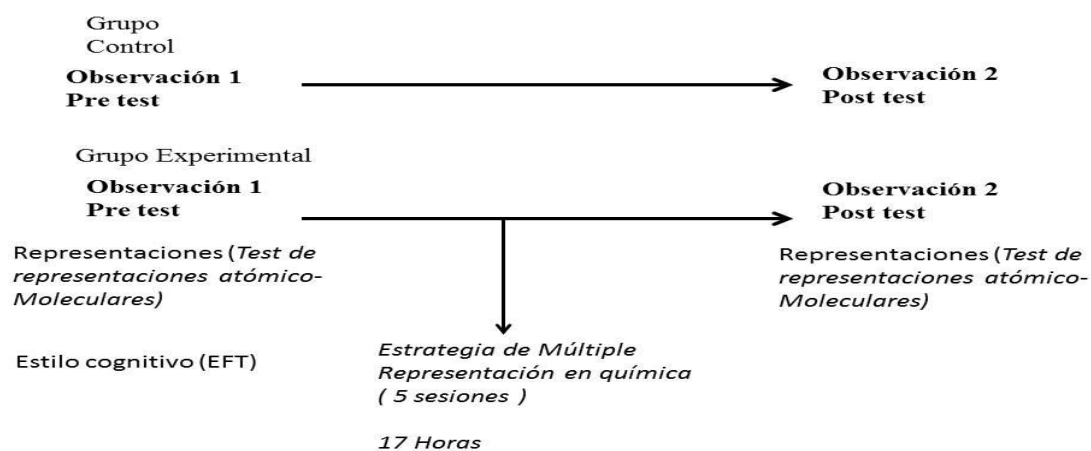
Variable Dependiente: Representaciones del átomo y las moléculas. Esta variable busca determinar los elementos, atributos y niveles más usados por los estudiantes para representar los átomos y las moléculas y los fenómenos en donde están involucradas. Esta variable se trabajó de forma ordinal.

Variable asociada: Estilo cognitivo en la Dimensión Independencia-Dependencia de Campo. Esta variable busca determinar la influencia del estilo en los elementos, atributos y niveles de representación utilizados por los estudiantes.

Diseño

La presente investigación se enmarca en el paradigma empírico analítico y presenta un diseño cuasi-experimental con grupo control con aplicación pre y post. Este diseño busca describir la existencia de algún tipo de relación entre las representaciones que de la materia elaboran los estudiantes y el estilo cognitivo en la dimensión Independencia- Dependencia de Campo (IC-DC). La figura 1 muestra el diseño de la investigación. La aplicación del post test se realizó 4 semanas después de finalizada la aplicación de la propuesta pedagógica.

Figura 1. Diseño de Investigación Representaciones en química y estilo cognitivo.



Elaboración propia.

Primera etapa: Fundamentación y Profundización teórica

Esta etapa incluye la selección, lectura e interpretación de diversos textos que permitían abordar el problema, el contexto y los objetivos de la investigación.

Segunda etapa: estructura de la Estrategia de múltiple representación.

A partir del análisis realizado a las diferentes propuestas relacionadas con los esquemas mentales frecuentes en el aprendizaje de la química, se procedió a determinar la forma mediante la cual se haría la intervención en los grupos experimentales. Para ello, se estableció que la propuesta debía hacer énfasis en cada uno de los niveles en los que es posible representar los conceptos químicos. Es decir, mientras que en el grupo control seguía la secuencia de contenidos sin indicar los niveles de representación, en los grupos experimentales se hacía énfasis en estos niveles y se estimulaba para que en cada uno de los ejercicios y actividades planteadas se realizara su representación.

Tercera Etapa: Implementación del diseño experimental.

Se siguió el diseño experimental expuesto en la página 45. Durante la primera semana de clases del calendario escolar se implementó la propuesta pedagógica *múltiple representación en química* la cual se describe con detalle en el siguiente capítulo. La aplicación se realizó dentro de los horarios de clase que se tenían dispuestos para la asignatura; el maestro fue el mismo para los cuatro grupos. En el grupo experimental se desarrolla la clase siguiendo la propuesta pedagógica; mientras que los grupos control recibieron las clases de manera tradicional.

Cuarta etapa: Análisis de Resultados.

Los datos obtenidos del test fueron sistematizados y las imágenes digitalizadas, consolidando una base de datos. Las respuestas fueron leídas inicialmente para establecer en ellas ciertas regularidades; es decir palabras o frases que se repetían y que vendrían a ser los elementos comunes para la clasificación de las respuestas en los niveles representacionales

(microscópico, macroscópico y simbólico). Para cada una de las preguntas, se elaboraron etiquetas (nombres) alrededor de los elementos presentes en las respuestas: atributos que se destacaban (tamaño, composición, relaciones causales, entre otras), forma de representar la información (global, taxonómico y analítica) y el nivel de representación que privilegiaba el estudiante (macroscópico, microscópico, simbólico, macro-simbólico, micro-simbólico, macro-micro y micro-macro-simbólico). La tabla 1 muestra las etiquetas establecidas para el análisis de los datos escritos con algunos ejemplos. En los ítems que utilizaban imágenes (7, 8, 9 y 10) se realizó el mismo procedimiento y se establecieron las etiquetas a partir de las repuestas proporcionadas por los sujetos; la tabla 2 presenta las etiquetas establecidas para estos ítems.

Tabla 1. Etiquetas utilizadas para clasificar las repuestas escritas de los estudiantes.

Etiqueta	Explicación-Criterio	Ejemplos: Frases empleadas por los estudiantes
Microscópico	Se utilizan palabras como: pequeño, microscópico, molécula, partícula y se refuerza con la utilización de otras que tiene relación con el mundo microscópico: átomo, molécula, célula, entre otras.	“partícula que compone una molécula” “conforma la célula es algo muy pequeño” “que es algo muy pequeño, que con solo un microscopio se puede ver”
Macroscópico	Refiere vocablos o referentes propios del mundo macroscópico: cosas, todo, objetos, puntos, bolas; con referentes exhibidos en la cotidianidad o palabras que evocan algo a lo que se acede con la percepción: materia, cuerpo, grandes, lo que nos rodea, entre otros.	“entiendo que son puntos pequeños” “lo que entiendo yo es que un átomo o lo que entiendo es que cuando él se mueve o se menea por ejemplo bailando” “cosas grandes”
Simbólico	Justifica a partir de referentes simbólicos propios de la química: tabla periódica, símbolos químicos, fórmulas, entre otros.	“átomo es un elemento de la tabla periódica como Fe hierro” “en la combinación de 2-3 elementos encontrados en la tabla periódica”
Microscópico-Macroscópico	Hace uso de términos que aluden al mundo macroscópico: cosas, materia, grande, todo y utiliza otras para reforzar o sustentar la idea: pequeña, partícula, diminuta, átomo, molécula entre otras.	“una cosa muy pequeña que está en todo” “Es la mínima unidad que se compone la materia”
Microscópico-Simbólico	Menciona aspectos relacionados con el nivel microscópico y adiciona o establece relaciones con aspectos relacionados con la representación simbólica.	“es uno que se puede encontrar fácilmente en la tabla periódica. Los átomos están formados por neutrones protones y electrones” “la molécula es aquella que une los átomos y forma una fórmula”
Macroscópico-Simbólico	Indica aspectos del nivel macroscópico y los vincula con representaciones simbólicas.	“los átomos son objetos redondos como bolas de tenis que se representan con símbolos CHONPS”

Micro-macro-Simbólico	Establece relaciones entre los tres niveles de representación de alguna manera	Son conjunto de átomos que se unen para formar moléculas ellas forman materiales como el H₂O C₆H₁₂O₆
-----------------------	--	---

Datos obtenidos en la investigación (elaboración propia)

Tabla 2. Etiquetas utilizadas para clasificar las repuestas que utilizaban imágenes.

Imagen	Etiqueta: criterio/ explicación	Ejemplo
Puntilla	Microscópico: establece dentro de su descripción elementos propios del mundo micro tales como: átomos, moléculas, partículas, entre otros.	“se vería grandes cadenas de partículas o moléculas que forman esta puntilla”
	Macroscópico: Incluye las características macroscópicas de las sustancia y la analiza como un objeto de gran tamaño.	“No podría moverme dentro de ella ya que el hierro es macizo por dentro”
	Simbólico: Expresa símbolos, fórmulas y establece criterios de cómo están distribuidos en las sustancia según su estado de agregación (sólido, líquido o gas)	“Empiezo a ver Fe-Fe-Fe ”
Humo que sale de un auto	Microscópico: establece dentro de su descripción elementos propios del mundo micro tales como: átomos, moléculas, partículas, entre otros.	“yo vería gran variedad de átomos porque el humo de un carro lo compone”
	Macroscópico: Incluye las características macroscópicas de las sustancia y la analiza como un objeto de gran tamaño.	“veo como mucha niebla y no puedo ver nada ”
	Simbólico: Expresa símbolos, fórmulas y establece criterios de cómo están distribuidos en las sustancia según su estado de agregación (sólido, líquido o gas)	“vería moléculas de CO₂ en el aire separadas”
Gotas de agua	Microscópico: establece dentro de su descripción elementos propios del mundo micro tales como: átomos, moléculas, partículas, entre otros.	“yo vería solo átomos de hidrogeno y oxígeno unidos formando la molécula de agua”
	Macroscópico: Incluye las características macroscópicas de las sustancia y la analiza como un objeto de gran tamaño.	“ son húmedas como un mar son muy grandes ”
	Simbólico: Expresa símbolos, fórmulas y establece criterios de cómo están distribuidos en las sustancia según su estado de agregación (sólido, líquido o gas)	“Empiezo a ver fórmulas de H₂O un poco separadas ”
Tanque que contiene oxígeno	Microscópico: establece dentro de su descripción elementos propios del mundo micro tales como: átomos, moléculas, partículas, entre otros.	“yo vería átomos de oxígeno distribuidos por el cilindro”
	Macroscópico: Incluye las características macroscópicas de las sustancia y la analiza como un objeto de gran tamaño.	“Es un componente que no lo puedo ver pero si lo siento”
	Simbólico: Expresa símbolos, fórmulas y establece criterios de cómo están distribuidos en las sustancia según su estado de agregación (sólido, líquido o gas)	“Empiezo a ver O dispersos”

Datos obtenidos en la investigación (elaboración propia). Se han resaltado las palabras para ejemplificar el proceso de análisis de datos.

La clasificación de la respuesta en un determinado nivel se llevaba a cabo leyendo la contestación en voz alta y subrayando en ella los elementos y atributos que expresaba el estudiante; luego se ubicaba la etiqueta que coincidía con el nivel que el estudiante representaba

y se hacia la conversión de la etiqueta a variable ordinal teniendo en cuenta la propuesta de Sánchez (2018); la tabla 3 muestra la asignación de valores para cada uno de los niveles.

Nivel de representación	valor
Macroscópico	1
Macroscópico-simbólico	2
Simbólico	3
Microscópico	4
Macroscópico-microscópico	5
Microscópico-simbólico	6
Macroscópico-microscópico-simbólico	7

Basada en la propuesta de Sánchez (2018). Translational Skills of Students in Chemistry.

El análisis se llevó a cabo empleando estadística descriptiva e inferencial. La base de datos se desarrolló mediante el software estadístico SPSS V. 25. Se realizaron las pruebas estadísticas de Kolmogorov-Smirnov; para establecer la normalidad de los datos ($p \geq 0,05$), Wilcoxon ($p \leq 0,05$), U de Man Whitney ($p \leq 0,05$) y Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$) para determinar las diferencias entre el pretest-postest en los grupos, diferencias entre control-experimental y diferencias respecto al estilo cognitivo.

El comportamiento de los grupos se describe y analizan principalmente a partir de la frecuencia de las respuestas de los ítems que presentaron diferencias significativas.

Para determinar la posible relación entre la dimensión DIC y los niveles de representación se diseñaron tablas de contingencias de los ítems que presentaron valores considerables. Los elementos y atributos que permitieron la clasificación de las respuestas se organizaron según el nivel y son presentados a modo de información cualitativa.

Instrumentos de recolección

Prueba de figuras enmascaradas EFT

Para determinar el estilo cognitivo en la dimensión Independencia - Dependencia de Campo se empleó la el Emenden Figure Test EFT desarrollada por Sawa (1966). La prueba consiste en hallar la figura modelo dentro de la figura compleja trazándola mediante el resaltado de los bordes, en un tiempo controlado. La prueba consta de 50 figuras complejas distribuidas en cinco páginas; cada una de las hojas presenta una figura modelo y 10 figuras enmascaradas que contienen la figura modelo. Este instrumento ha sido aplicado en varias ocasiones en estudiantes colombianos mostrando altos niveles de confiabilidad que van entre $\alpha=0,91$ y $\alpha=0,97$ (Hederich, 2004).

El instrumento se resuelve dependiendo el número de aciertos; los sujetos dependientes de campo son aquellos que menor cantidad de aciertos tienen y los independientes de campo son los que resuelven con mayor eficiencia el test. Con los datos obtenidos del test se determinó el mayor-menor puntaje en cada uno de los grupos y se recodifico la variable para obtener tres rangos: Dependientes, Intermedios e independientes de campo, se trabajó la variable de forma ordinal.

Test de niveles de representación atómico-molecular

El test de niveles representacionales se construyó a partir de la revisión de diversas investigaciones relacionadas con las concepciones alternativas de los estudiantes alrededor de la naturaleza de la materia Capuano, et al (2007), Cokelez & Dumon (2005), Cuéllar (2009), Sunyono & Yulianti (2005), Villaro (2012) y Uria, Lecumberry, & Orlando (2012). A partir de los instrumentos presentados en estas investigaciones se elaboró una propuesta de instrumento inicial que constaba de 32 ítems; los cuales contenían los ítems que a juicio del investigador permitían determinar las representaciones de los estudiantes y otros de elaboración propia. Esta versión del instrumento fue sometida a la valoración de dos expertos (magister en educación entre diez y 22 años de experiencia docente). De los comentarios y evaluación por juicio de expertos (anexo 2) se reformularon los ítems y se construyó la versión final del instrumento el cual fue piloteado con un grupo de estudiantes. Se realizó una valoración acerca de las respuestas y se eliminaron de la versión final aquellas que no resultaban claras o que no aportaban información para el alcance de los objetivos propuestos. La versión final del instrumento contiene 18 ítems (anexo 1).

Se realizó el análisis de fiabilidad del instrumento arrojando un Alfa de Cronbach= 0,726; el cual es un valor aceptable según George & Mallery (2003) y adecuado para Nunnally (1978). El instrumento recoge las representaciones de los estudiantes mediante una pregunta abierta; dichas preguntas son analizadas siguiendo el procedimiento explicado en la página 49; obteniéndose el nivel de representación para la respuesta proporcionada. La estructura del instrumento denominado: Test de niveles de representación atómico-molecular versión 2 puede observarse en el anexo 4.

Técnica de Análisis de resultados

Estadística Inferencial

En esta investigación se hace uso de la estadística inferencial para determinar el efecto de la propuesta pedagógica implementada. Con los datos recolectados se realizan descripciones de los niveles de representación de los grupos, comparaciones entre las medidas realizadas en cada grupo (pretest-postest), confrontaciones entre el grupo control-experimental e inferencias de los niveles de representación con el estilo cognitivo en la dimensión dependencia e independencia de campo. Para tal fin, se corren a través del software SPSS las pruebas no paramétricas *U de Mann-Whitney* dada a la característica ordinal de los niveles de representación; esta prueba se aplica a dos muestras independientes para comprobar su heterogeneidad. El resultado de este estadístico sirvió para determinar las diferencias entre las aplicaciones al interior de los grupos y las posibles discrepancias entre el grupo experimental y control.

De igual manera, se aplicó la prueba de *Kruskal & Wallis*; para determinar la posible influencia del estilo cognitivo en los niveles de representación. Esta prueba permite la comparación de dos variables cuando no hay una distribución normal o las variables son discretas. Se comprobó la distribución normal de los datos recolectados mediante la prueba *Kolmogorov-Smirnov*. En aquellos casos en donde se encontraron diferencias significativas se procedió a realizar análisis de frecuencias con el fin de determinar a qué se deben las variaciones.

PROPUESTA PEDAGÓGICA DE INTERVENCIÓN

Estrategia Múltiple Representación en Química.

Fundamentación

La propuesta pedagógica *Múltiple representación en Química*, consta de cinco sesiones. Cada sesión tiene una duración de tres horas. En cada una de las sesiones el docente debe hacer énfasis en la relevancia de utilizar los tres niveles de representación en química propuestos por Johstone (2006). Esto permitirá que el estudiante sea capaz de relacionar el mundo macroscópico con el microscópico y se haga consciente del sistema simbólico utilizado en la química.

La química como ciencia intenta explicar las propiedades y transformaciones macroscópicas de la materia a partir de su estructura microscópica. Para ello, a partir de objetos concretos se elaboran conceptos y abstracciones presentadas a través de modelos que representan la realidad (Nakamatsu, 2012). El aprendizaje de la química en la población estudiantil es importante, porque la población debe poseer un conocimiento mínimo que le permita entender cómo funcionan las cosas que se encuentran a nuestro alrededor, comprender los descubrimientos, analizar los problemas a los que nos enfrentamos hoy en día y tomar decisiones responsables y fundamentadas acerca de los problemas mundiales.

Parte de las dificultades que los estudiantes presentan en el aprendizaje de la química se debe a que esta requiere de la representación en tres niveles principalmente: microscópico, macroscópico y simbólico. El nivel macro describe la realidad observable, la materia y sus cambios; se relaciona estrechamente con la experiencia cotidiana, propiedades observables de la materia, fenómenos y mediciones (Nakamatsu, 2012). En el nivel microscópico se habla de la estructura de la materia a través de partículas (átomos y moléculas) para lo cual se crean modelos teóricos que requieren de una gran capacidad de abstracción e imaginación. El nivel simbólico reúne las formas para representar los modelos; estos incluyen fórmulas, ecuaciones y símbolos que presentan ciertas reglas y formalismos (Nakamatsu, 2012).

Si un estudiante, no es guiado y concientizado en los tres niveles de representación será muy difícil que comprenda con claridad el entramado conceptual de la química. Además de ello,

se debe promover un balance entre estos; un exceso en la descripción macroscópica conduce a la memorización de propiedades; en cambio un mayor énfasis en lo simbólico y microscópico convierte al aprendizaje de la química en algo demasiado teórico y abstracto. El aprendizaje se favorece si se combinan los tres niveles de forma adecuada.

Objetivo

Generar conciencia en los estudiantes del uso de los niveles representacionales microscópico, macroscópico y simbólico en el aprendizaje de la química.

Implementación

Planeación de actividades

Se debe ubicar información actualizada y comprensiva sobre la temática a desarrollar. El docente debe conocer los modelos atómicos y sus orígenes, la teoría cuántica y sus fundamentos, estar familiarizado con los fundamentos matemáticos del modelo actual de átomo, poseer conocimiento de los modelos moleculares y sus fundamentos, teorías de enlace químico, entre otros. Con un adecuado dominio conceptual por parte del maestro se realiza la identificación de temas y conceptos centrales, previsión de problemas y dificultades de aprendizaje. A continuación, se realiza la selección y preparación de los materiales y de las representaciones más eficaces para lograr el balance entre los niveles representacionales.

Independientemente de la técnica usada para mediar los contenidos (exposición, práctica experimental, presentación de imágenes, entre otros) lo importante es garantizar que lo planificado goce de una estructura clara y que en los temas a tratar se explicita y vincule el nivel representacional usado, de tal forma que el estudiante evidencie la importancia de su uso para la interpretación de la información o fenómeno presentado.

Proceso de enseñanza en el aula.

Cada sesión debe iniciar con una introducción y presentación de la temática a desarrollar indicando claramente lo que se espera que el estudiante haga o sepa a finalizar la intervención. Seguidamente se debe realizar la presentación del título o clave de aprendizaje explicando lo que

sugiere o dice el título; para ello, se realiza un set de preguntas básicas: ¿qué significa tal o tales palabras? ¿Cómo podríamos representar el título del tema de hoy mediante un dibujo? ¿Cómo podríamos representarlo mediante un símbolo? ¿Hay algo en nuestro salón o casa semejante a lo que plantea el título? ¿Podemos utilizar alguna situación cotidiana para explicar el título del día de hoy?. Algunas de estas preguntas pueden direccionar esta primera parte (se estima un tiempo aproximado de 10-15 minutos).

A continuación, el docente plantea la base conceptual e histórica del concepto. Este aspecto puede hacerse bien sea a través de una historia narrada por el docente, la presentación de una línea de tiempo o la presentación de un video. Finalizada esta fase de la clase el docente muestra las tres formas distintas en las cuales puede representarse el contenido explicitando claramente los elementos y atributos de las representaciones presentadas (forma, tamaño, color, letras, entre otros). El tiempo estimado para el desarrollo de esta parte de la propuesta puede variar dependiendo del contenido y de la actitud del estudiante se estima una duración entre 30 y 45 minutos. Luego el docente realiza de dos a tres ejemplos semejantes a los propuestos en la etapa anterior; es importante que se haga la verbalización y discusión de los elementos y la posible secuencia lógica que se debe seguir para la elaboración de la representación. Finalmente, el docente realiza un esquema de la forma para representar el contenido tratado en los tres niveles. Se sugiere que en la elaboración del esquema participen los estudiantes. Algunas de las siguientes preguntas pueden direccionar esta etapa ¿si deseo representar ... qué debo hacer primero? ¿por qué representamos a ... de esta forma? ¿qué pasa si omitimos el elemento ... de la representación? . Esta etapa tiene una duración aproximada de 15 minutos. El énfasis se debe hacer en los niveles representacionales y su relación con el contenido propuesto.

Seguidamente el docente propone tres ejercicios o problemas relacionados con el contenido, tema o fenómeno estudiado; se da un espacio de 20 a 45 minutos para el desarrollo de estos. Se aconseja que, en este momento, los ejercicios se realicen de forma o individual o en parejas.

Reflexión de los resultados

Se solicita a dos o tres estudiantes de forma voluntaria o por denominación directa que copien en el tablero la resolución al ejercicio o problema planteado por el docente. A partir de lo

propuesto por el estudiante el docente promueve la discusión acerca de los elementos usados; haciendo énfasis en los siguientes aspectos: claridad, coherencia y validez. La idea es reconocer los aciertos presentados y reflexionar acerca de las posibles inconsistencias presentadas. El tiempo de duración de este momento es entre 30 a 45 minutos.

Luego de realizada esta fase se proponen nuevamente un set de ejercicios, pero esta vez se lleva a cabo la resolución mediante trabajo grupal. Se recomienda que sea el propio docente quien organice su grupo garantizando por lo menos dos de los siguientes aspectos: en cada grupo deberá haber una mujer, cada grupo de contar con un estudiante que se encuentre ubicado en los primeros puestos del salón y cada grupo debe contar con un estudiante de las últimas sillas de este. Mientras que los estudiantes realizan el trabajo en grupo, el docente puede seleccionar estudiantes al azar y realizar una sustentación de las representaciones trabajadas. Se aconseja registrar las observaciones evidenciadas en los alumnos que sustentan. Antes de finalizar la sesión, el docente socializa las dificultades encontradas en los estudiantes que realizaron el proceso de sustentación.

Contenidos.

Tabla 3. Contenidos mediados con la propuesta pedagógica múltiple representación en química.

Temas	Grado	Cantidad de sesiones
Materia, sustancia, Mezcla, elemento, sustancia elemental, compuesto químico.	Sexto	2 sesiones
Número atómico, Numero másico, composición atómica de una molécula o unidad fórmula	Sexto	3 sesiones
Símbolo químico, Fórmula molecular, diagrama de Lewis	Décimo	2 sesiones
Cambios de estado, disolución y reacción química	Décimo	3 sesiones

Contenidos trabajados con la propuesta *Múltiple representación en química* (elaboración propia)

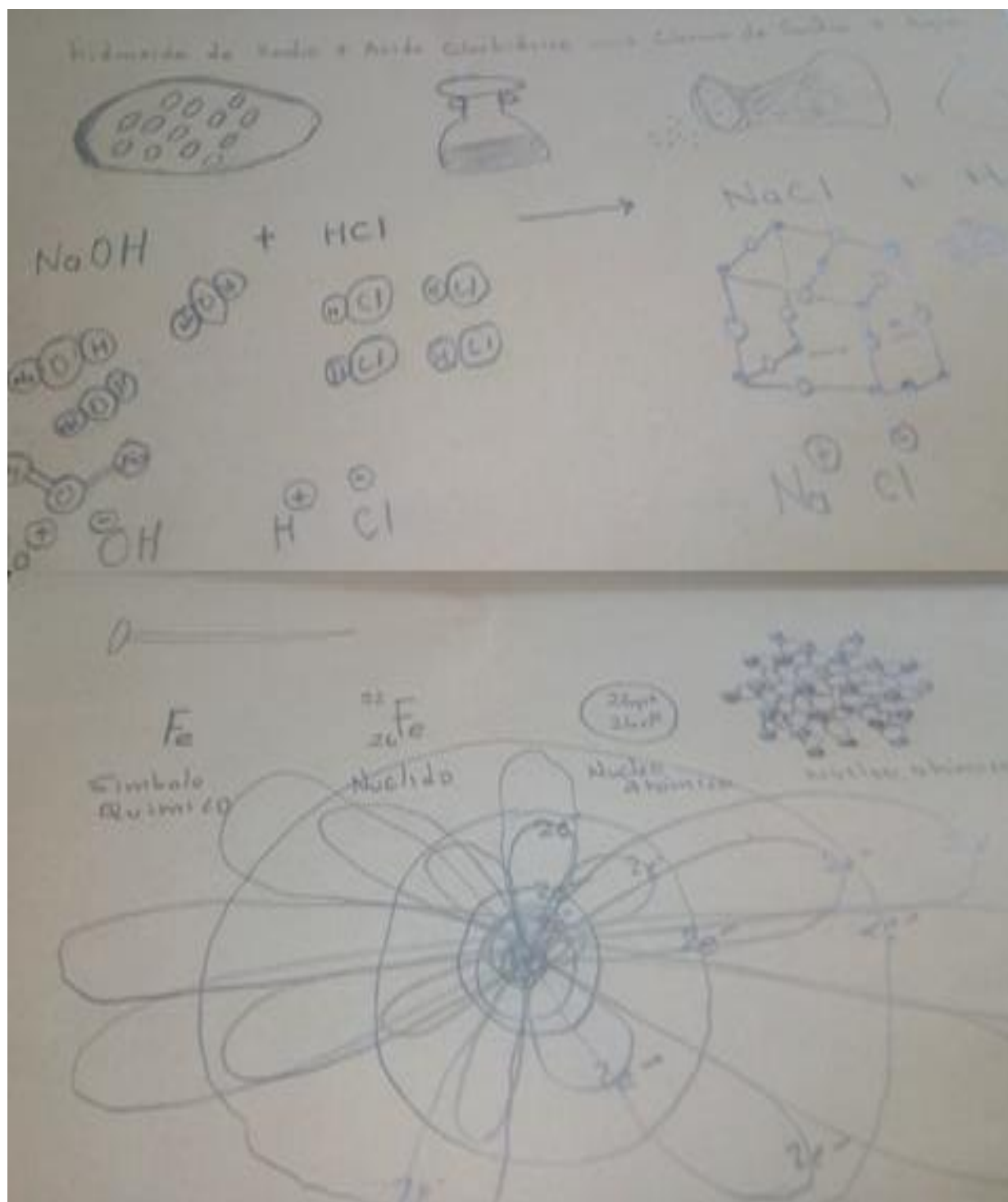
Algunas consideraciones acerca de la implementación de la propuesta pedagógica

La estrategia de *múltiple representación en química* se elaboró a partir de la propuesta de Caamaño (2014). Se parte de que, la estructura conceptual de la química se apoya en tres niveles representacionales: macroscópico, microscópico y simbólico. Las cuales se manifiestan mediante un lenguaje específico: verbal, simbólico, matemático, icónico y gráfico. Las representaciones juegan un papel relevante en la enseñanza y en el aprendizaje y su identificación permite determinar la forma cómo los sujetos entienden y operacionalizan los conceptos.

Como cada uno de los grados tiene establecidos una serie de contenidos pre establecidos institucionalmente, se determinó las formas de representación que se utilizarían para la mediación de los mismos. Para ello, se tienen en cuenta las recomendaciones de Caamaño (2014). Se procede a la determinación de aquellas representaciones que se ajustan de manera adecuada al nivel académico de los estudiantes y a las características del contenido.

En los grupos control y experimental, fueron mediados los contenidos programáticos mostrados en la tabla 5. En los grupos experimentales en cada una de las explicaciones el docente era reiterativo en indicar a qué tipo de nivel de representación (micro-macro-simbólico) correspondía la imagen o ilustración con la que se hacía la mediación. Por el contrario, en el grupo control se utilizaron algunas imágenes o ilustraciones por parte del docente, pero no se hacía énfasis del nivel representacional. La figura 2 muestra algunas de las representaciones planteadas por el docente en el desarrollo de las temáticas en la implementación de la propuesta pedagógica.

Figura 2. Algunas representaciones propuestas por el docente en la implementación de la propuesta pedagógica *múltiple representación en química*.



Fuente: elaboración propia.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la implementación de la estrategia de *múltiple representación en química*. Se realiza el análisis de los datos obtenidos, suscribiendo información complementaria para profundizar en los objetivos específicos. Los niveles de significancia estadística utilizados para valorar las diferencias intra e inter grupos son las correspondientes a $p \leq 0,05$. Se ha ordenado la presentación de los datos comparando las diferencias intra grupos (control y experimental) en cada uno de los niveles (grado sexto y decimo); seguidamente se confronta los grupos para cada nivel y finalmente se analiza la relación de los resultados obtenidos con la dimensión Dependencia e Independencia de campo mediante el estadístico Kruskal-Wallis.

Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si correspondían a una distribución normal; ninguno de los ítems del pre test y post test tuvieron $P \geq 0,05$ (Anexo 3). Por lo tanto, las variables no presentaron distribución normal; por ello se optó por trabajar con estadística no paramétrica.

Estadísticos descriptivos y prueba de Wilcoxon: grupo control pretest y postest grado sexto.

Los ítems que presentan un aumento en el valor de la media son: 1, 7, 8, 9 y 10; mientras que los ítems 2, 3, 11, 15, 16, 17 y 18 muestran una disminución en dicho valor. Lo anterior indica que, los estudiantes del grado sexto del grupo en mención mejoraron los niveles de representación del átomo en cuanto a incluir vocablos o palabras relacionadas con el nivel microscópico principalmente e integraron el mundo micro y macroscópico mediante el uso de imágenes (ítem 1 y 7). El grupo control muestra una tendencia hacia la representación de las moléculas mediante el uso de imágenes incluyendo en ellas referentes microscópicos y macroscópicos. Estos resultados pueden deberse a una adecuada integración de los contenidos trabajados por parte de los participantes. Los estadísticos descriptivos y de contraste para este grupo pueden consultarse en el anexo 5.

En el grupo control sexto (GC6) hay un descenso en el valor de la media en el ítem 11; lo cual indica que, los estudiantes tienden a preferir el nivel simbólico o una mezcla entre lo

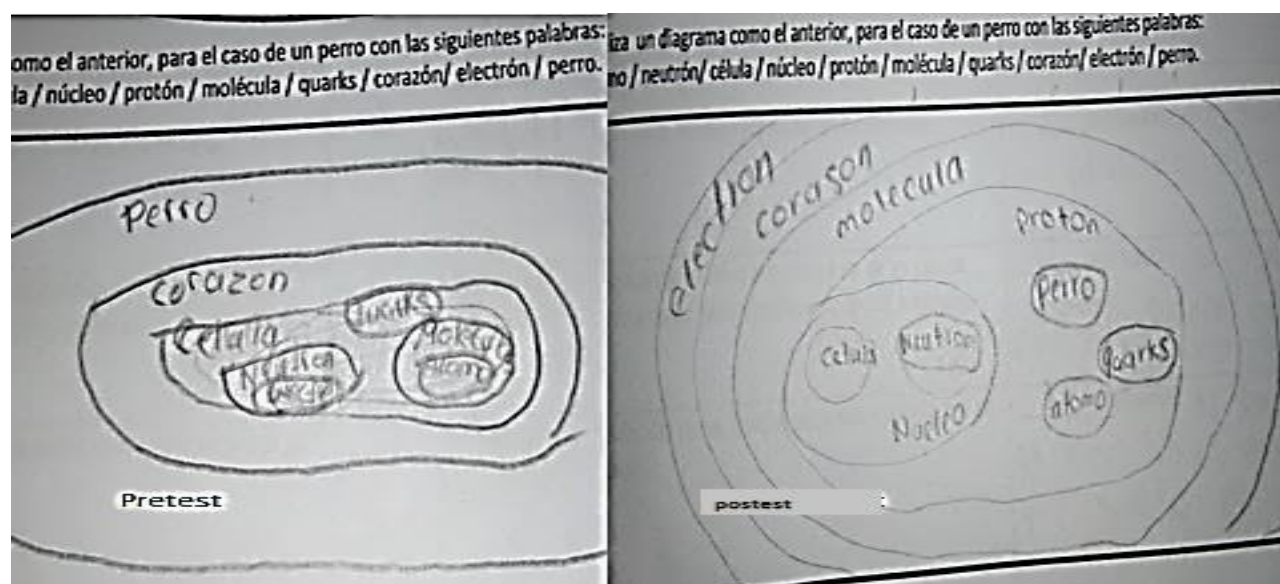
simbólico y microscópico para representar las sustancias cotidianas como el azúcar. En cambio para representar fenómenos como el de la difusión (ítem 16) se tiende a realizar una mezcla entre lo macroscópico y simbólico lo cual es un estado poco deseable a nivel de la enseñanza de la química; dado que se le atribuyen a las sustancias propiedades no por la sinergia molecular sino por el constituyente de la sustancias; es decir las moléculas huelen y por ello la sustancia toma ese olor. A continuación, algunos ejemplos de este tipo de respuesta:

“ Cuando inhalamos nuestro sentido del olfato percibe el olor de la molécula. “ (GC6),

“ Sucede porque la partícula que flota O_2 + perfume genera el olor en el aire” (GC6).

En cuanto a la variación de la media de los ítem 15, 17 y 18, se puede decir que los estudiantes de este grupo tienden a mejorar en la representación de los átomos y las moléculas (ítem 17 y 18) incluyendo elementos tales como los protones y/o electrones para el caso de los átomos y enlaces u orbitales para las moléculas. No obstante el ítem 15 muestra una disminución en la media; tendencia hacia la organización taxonómica de los constituyentes de los átomos y las moléculas; es decir logran relacionar parcialmente cada componente pero no lo hacen de forma clara. La figura 3 sirve de ejemplo.

Figura 3. Respuesta del estudiante Abelardo Gómez grado sexto grupo control (pretest y postest) ítem 15.



Fuente: Test de niveles de representación Atómico-Molecular versión 2.

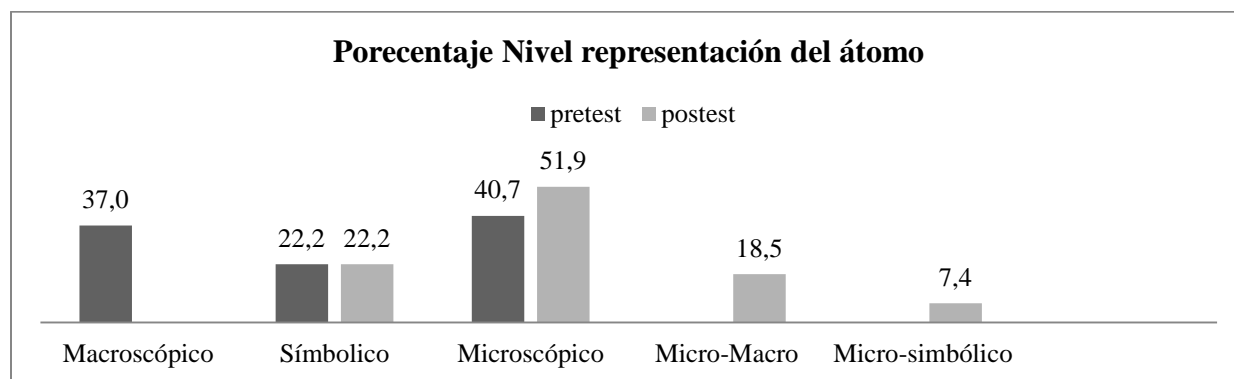
Prueba de Wilcoxon

De los dieciocho ítems que presentaba el instrumento solo siete de ellos presentaron diferencias significativas en el nivel de representación en el grupo control, el anexo 5 muestra aquellos ítems donde hay diferencia.

La variación se da por la desaparición del nivel de representación macroscópico en el postest y el aumento del nivel microscópico. El uso de este nivel se da solo o mezclado con elementos del nivel simbólico y macroscópico. La figura 4 presenta las variaciones en las frecuencias en el ítem 1.

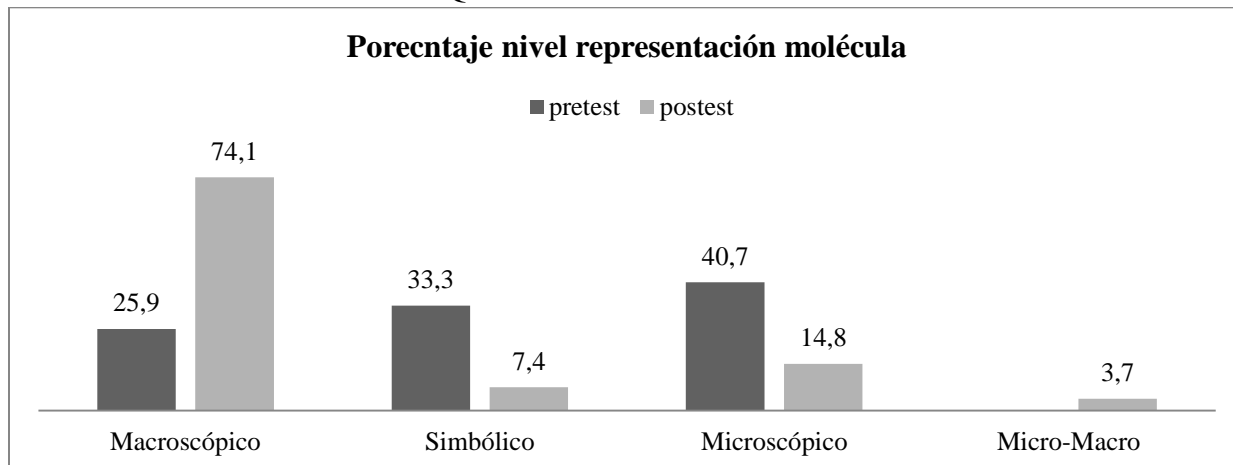
Para el caso de la representación de moléculas mediante el uso de palabras se puede decir que los estudiantes en el grupo control hacen mayor uso de vocablos del mundo macroscópico para representarse a las moléculas; lo cual es un hecho bastante importante si se tiene en cuenta que según Pozo, Gómez, Limón & Sanz (1991) hay una marcada dependencia de los sujetos hacia lo perceptivo conduciendo a visiones continuas de la materia y a la representación de la misma a partir de elementos macroscópicos. Como se puede observar, los sujetos del grupo control representan el átomo en términos microscópicos; hecho que no ocurre para el caso de las moléculas. El grupo control muestra una alta tendencia por el uso de palabras que vinculan al mundo macroscópico con la representación de las moléculas. La figura 5 reúne las frecuencias encontradas en el pretest y post test para el grupo control en lo relacionado con el nivel de representación de las moléculas mediante palabras.

Figura 4. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 1



Elaboración propia.

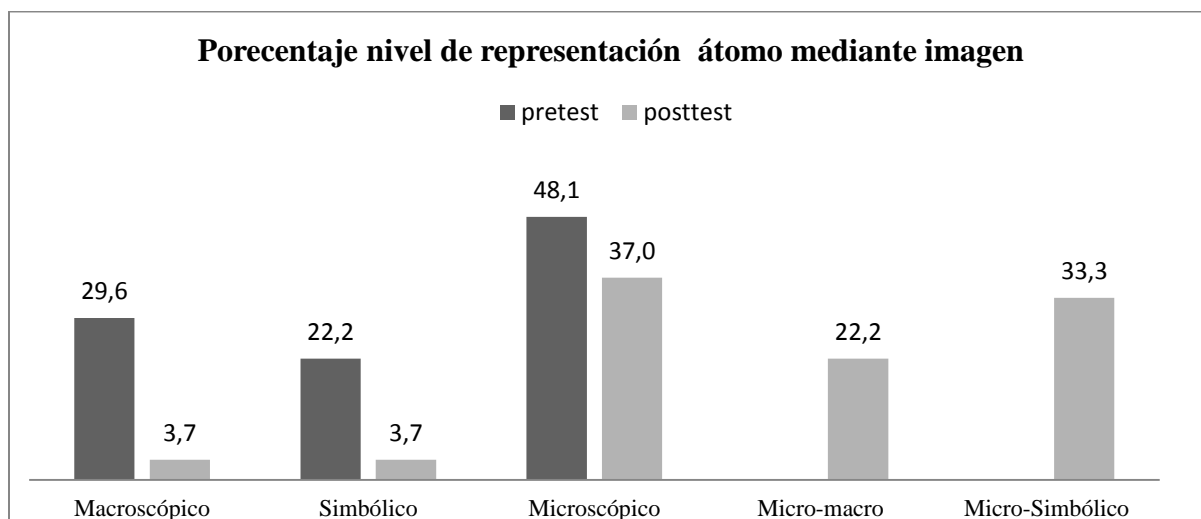
Figura 5. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 2.



Elaboración propia.

Cuando los estudiantes de este grupo son sometidos a la representación mediante imágenes; suelen recurrir al nivel microscópico. Este aspecto resulta interesante si se tiene en cuenta que los expertos en química poseen la capacidad de transitar entre los distintos niveles de representación (Thadison, 2011); entonces, los sujetos del grupo control logran pasar del nivel macro al micro o integrar el nivel micro con el simbólico y macroscópico; gracias al uso de imágenes. La figura 5 muestra la variación entre el pretest y posttest para este ítem.

Figura 6. Diferencias grupo control sexto pretest y posttest ítem 7

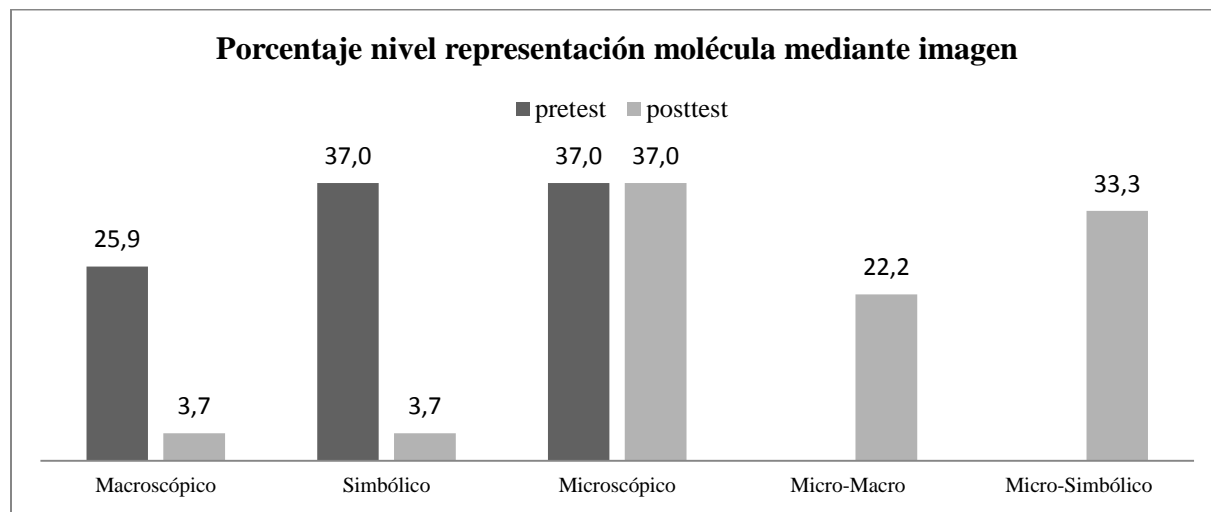


Elaboración propia

En este mismo sentido, las representaciones de las moléculas mediante la utilización de imágenes muestra que el aumento en la media se debe principalmente a que los sujetos de este

grupo modifican sus representaciones macroscópicas y simbólicas a híbridos entre los niveles micro-macro y micro-simbólico. Si bien, los conceptos químicos se pueden representar en los tres niveles; son estas interacciones las que permiten mayor comprensión de los fenómenos y conceptos químicos (Gabel, 1998). La figura 7 recoge los resultados del comportamiento del ítem 8.

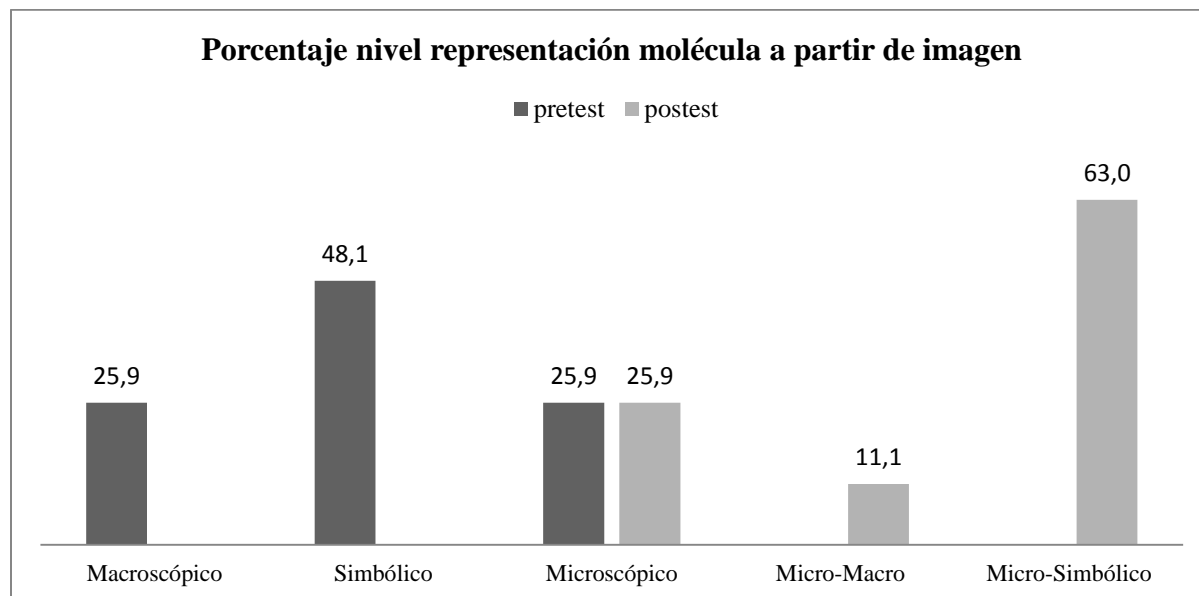
Figura 7. Diferencias grupo control sexto pretest y posttest ítem 8



Elaboración propia.

Una imagen puede hacer que se movilicen representaciones que frente al mundo macro se poseen; resultando ser más potentes unas en comparación de otras. Tal es el caso de la imagen de una gota de agua que generó un aumento considerable en los niveles de representación; esto puede deberse principalmente a que algunas cosas del mundo son más cotidianas y permiten el anclaje de diversos conceptos; por ejemplo, para una persona es de fácil recordación la fórmula del agua (H_2O) y el uso de ciertos modelos de las moléculas pueden resultar más accesibles por la cercanía e importancia de la sustancia. La figura 8 recoge los resultados obtenidos para este ítem.

Figura 8. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 9.



Elaboración propia.

En este grupo hay una clara tendencia hacia el uso del nivel microscópico-simbólico principalmente. Las respuestas que se usan involucran el uso de la fórmula química del agua acompañada de referentes microscópicos. A continuación se muestran algunos ejemplos de este tipo de respuestas:

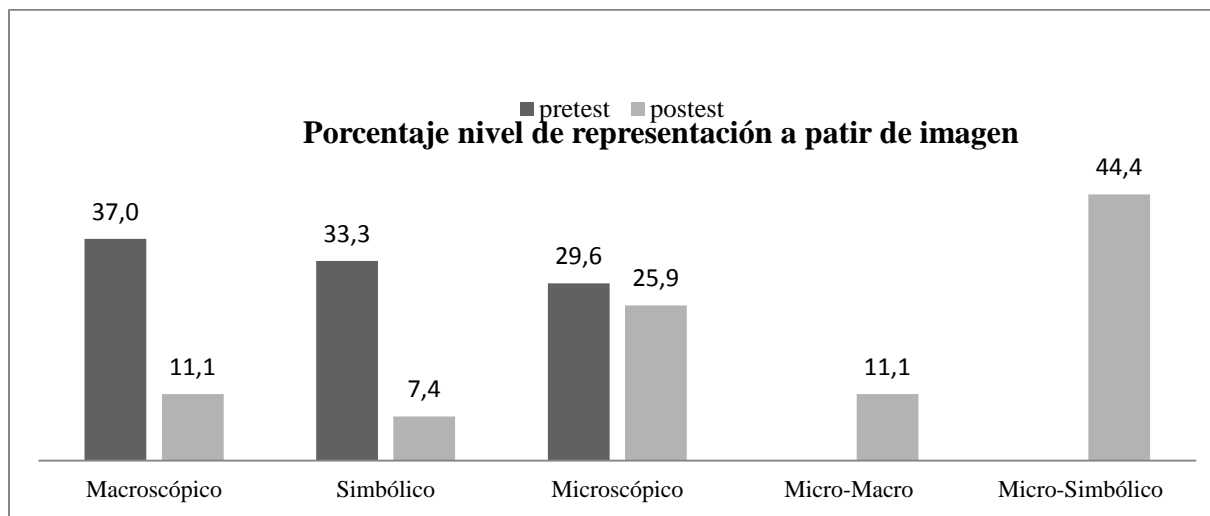
“Está conformado por átomos de H” (GC6, postest).

“El agua son moléculas de H₂O y es vital para la vida” (GC6, postest).

Lo anterior explica porque, se pasa de la simple descripción de la imagen mediante el uso del nivel simbólico a integrarlo con referentes propios del nivel microscópico. Ya no solo se habla de la fórmula del agua sino que se le adiciona bien sea la palabra átomo o molécula a la explicación que hace de la imagen.

Ahora pasemos a, analizar los resultados obtenidos para otra de las imágenes propuestas a los estudiantes. El ítem 10 presentaba la imagen de un tanque de oxígeno; los estudiantes de este grupo cambian de niveles de representación macroscópicos y simbólicos a microscópicos-simbólicos. Es interesante, el comportamiento exhibido por el nivel simbólico que se integra notablemente en el híbrido anteriormente mencionado. La figura 9 presenta los resultados obtenidos para este ítem.

Figura 9. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 10



Elaboración propia

Por otra parte, cuando se solicita que organicen una serie de conceptos relacionados con los niveles macro, micro y simbólico; los estudiantes manifiestan tres formas distintas de hacerlo. Una de estas formas, consiste en realizar un esquema en donde no hay una jerarquización o clasificación de los conceptos (global); otra forma es aquella en la cual el esquema muestra cierta organización y establece relaciones entre palabras (taxonómico) y finalmente aquella en donde organiza los conceptos de tal forma que hay cierto grado de jerarquía (analítico). Los sujetos de este grupo hacen un cambio hacia la elaboración de esquemas globales; lo que explica el cambio en la media. La figura 10 recoge los resultados para este ítem.

Figura 10. Diferencias grupo control sexto pretest y postest ítem 15.



Elaboración propia.

De todo lo anterior se puede concluir que, hay diferencias significativas entre el pretest y postest del grupo control por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Las diferencias significativas se presentaron principalmente en los ítems 1, 2, 7, 8, 9, 10 y 15. Los ítems 1 y 2 hacen referencia al uso de palabras para representar los átomos y las moléculas respectivamente; se observa que hay un creciente aumento por representar los átomos y moléculas a nivel microscópico. A partir de imágenes, los sujetos del grupo control hacen transición del nivel macroscópico hacia niveles de representación más deseables como el microscópico, microscópico-macroscópico y microscópico-simbólico; siendo la imagen de la gota de agua la que mayor potencial presenta para movilizar este tipo de representaciones.

La ordenación de conceptos muestra una disminución en la media; hecho que llama la atención pues el ideal sería que el estudiante hiciera el paso hacia la elaboración de esquemas de tipo analítico. Esto sería un indicador de que hay un escaso manejo conceptual por parte de los estudiantes alrededor de los constituyentes de la materia; lo cual corresponde a lo expresado por Preston (1988) al encontrar en su investigación que los estudiantes asumen indiferenciadamente a los átomos y las moléculas; lo que podría dificultar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Estadísticos descriptivos y prueba de Wilcoxon: grupo experimental pretest y postest grado sexto.

Los estadísticos descriptivos y los resultados de la prueba de Wilcoxon se pueden consultar en el anexo 6. Los ítems que presentan un aumento en el valor de la media son: 1, 2, 6, 7, 8 y 9 mientras que el ítem 3 muestra una disminución en dicho valor. Lo anterior es un indicador de avance hacia niveles de representación de mayor potencia para el aprendizaje de la química y un declive en el significado que los sujetos le atribuyen al concepto de átomo. No obstante, mediante la prueba de U de Mann-Whitney se determinó en cuales de los ítems hubo variación significativa entre el grupo experimental y control.

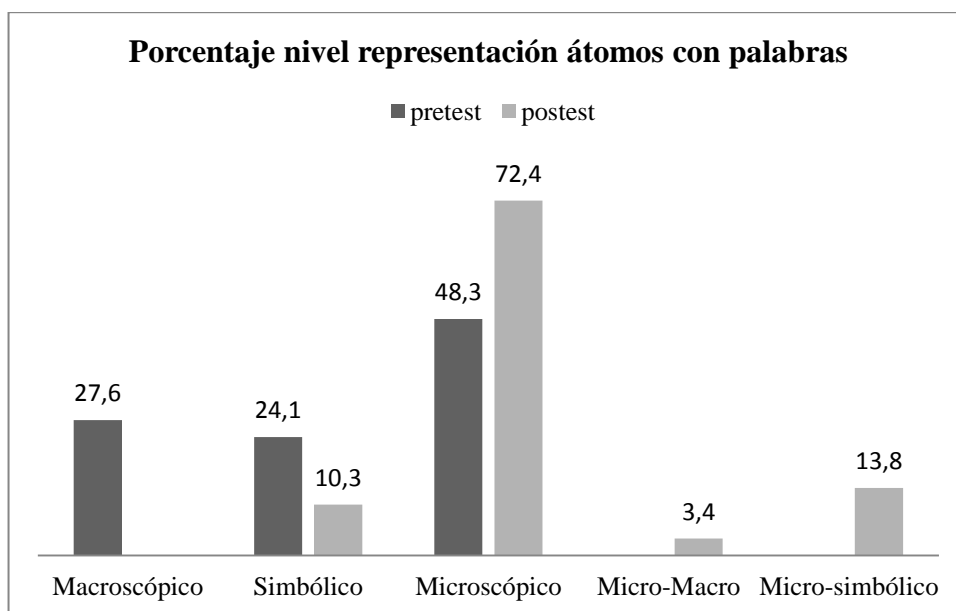
Prueba de Wilcoxon

El anexo 6 recoge los resultados para esta prueba. De los dieciocho ítems que presentaba el instrumento once de ellos presentaron diferencias significativas en el nivel de representación en el grupo experimental sexto (GE6).

A continuación se presenta un análisis de frecuencias de los ítems que presentaron diferencias significativas entre las aplicaciones para tener un panorama acerca de los cambios que se presentaron en este grupo.

El grupo experimental mostró variaciones significativas entre el pretest y postest en los ítems 1, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 y 17; coincidiendo en 6 ítems con el grupo control (1, 7, 8, 9, 10 y 15). El nivel de representación del átomo mediante el uso de palabras tuvo variación en ambos grupos; la figura 11 muestra el comportamiento de este ítem para el grupo experimental

Figura 11. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 1



Elaboración propia

El nivel de representación del átomo en este grupo muestra un aumento considerable del nivel microscópico en el postest y la desaparición del nivel macroscópico y simbólico; estos niveles se combinan con el microscópico. Comparada con el grupo control (51,9%) la participación del nivel microscópico es mayor en el grupo experimental; lo cual lleva a concluir que la estrategia tiene un efecto positivo sobre el número de estudiantes que utilizan el nivel

microscópico para representar el átomo mediante palabras. Aunque dicho efecto no sea significativo (como se verá más adelante) desde el punto de vista estadístico.

El grupo experimental muestra variación significativa en el ítem 5 relacionado con la formas que utilizan los estudiantes para representarse a los átomos; dicha variación no se presentó en el grupo control donde el $p > 0,05$. La figura 12 muestra la variación de este ítem en el grupo experimental. Se observa un aumento considerable en el nivel simbólico; lo cual indica que los estudiantes se hacen más conscientes de las formas que tienen los átomos; reconociendo el nivel simbólico como modelos que permite aproximarse a la representación. A continuación se referencian algunas de las respuestas del pretest y postest de dos estudiantes (estu1 y estu2) que permiten evidenciar estas diferencias.

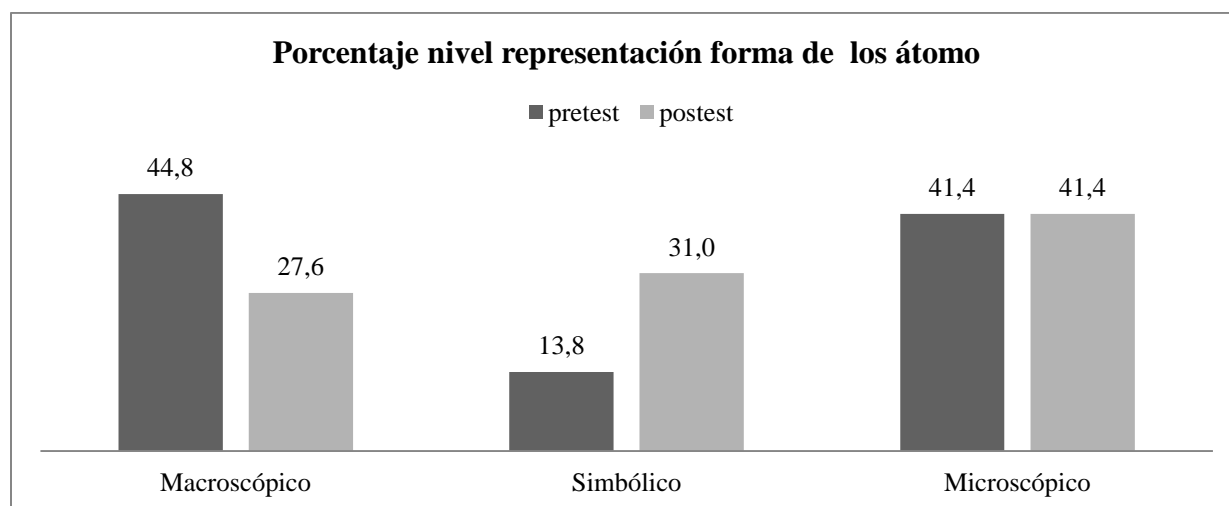
“Los átomos son como partes del cuerpo parecidas a los ojos” (GE6, estu1, pretest).

“los átomos son como diminutas esferas, tienen un núcleo formado por protones y neutrones” (GE6, estu1, postest).

“Son como grandes esferas” (GE6, estu2, pretest)

“Son un grupo de diminutas partículas que conforman las cosas que nos rodean; en realidad suponemos que son así porque nadie los ha visto” (GE6, estu2, pretest)

Figura 12. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 5



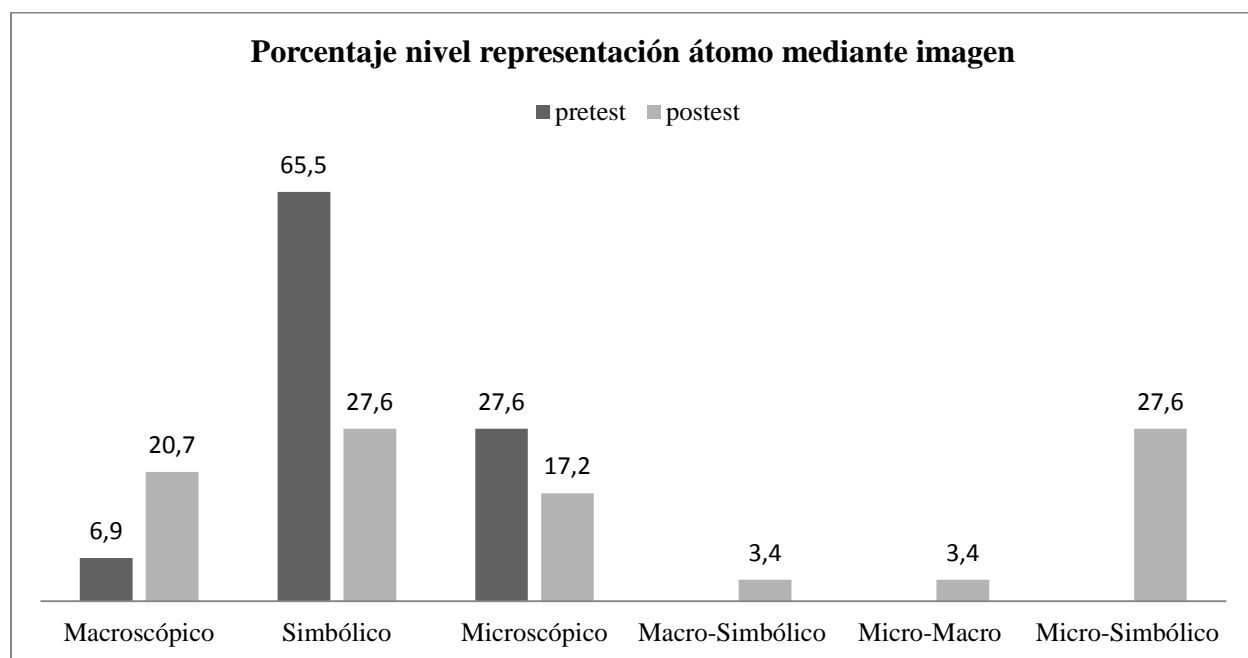
Elaboración propia.

El grupo control no mostró variación en el nivel simbólico entre el pretest y postest; hay un aumento del 4% en el nivel macroscópico para este grupo. Este hecho tendría explicación si

tenemos en cuenta que el énfasis de la propuesta de intervención está en ofrecer a los sujetos distintas formas de representar a los átomos y las moléculas; acontecimiento que no se da en el grupo control.

El nivel de representación de los átomos a partir de imágenes más usado por los estudiantes del grupo experimental luego de la intervención es el microscópico y simbólico; bien sea solo o combinado. Este mismo hecho, sucede en el grupo control pero con una mayor porcentaje; además, en el grupo control aparece en alto porcentaje el nivel micro-macro; aspecto que no acontece en el grupo experimental. La figura 13 muestra los resultados obtenidos en el grupo experimental para el ítem 7.

Figura 13. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 7



Elaboración propia

Se nota un alto avance en los niveles de representación del grupo control con relación al experimental. Mientras que en el grupo experimental, el nivel de representación macroscópico va en aumento en el grupo control hay una disminución notable. Hay una tendencia hacia una adecuada representación de la imagen de la puntilla de hierro en el grupo control. Si bien aparecen niveles de representación más deseables para la enseñanza en el grupo experimental el porcentaje de estudiantes que optan por estos niveles es mejor en el grupo control. Lo anterior podría explicarse porque a pesar que la estrategia de *múltiple representación en química* pone

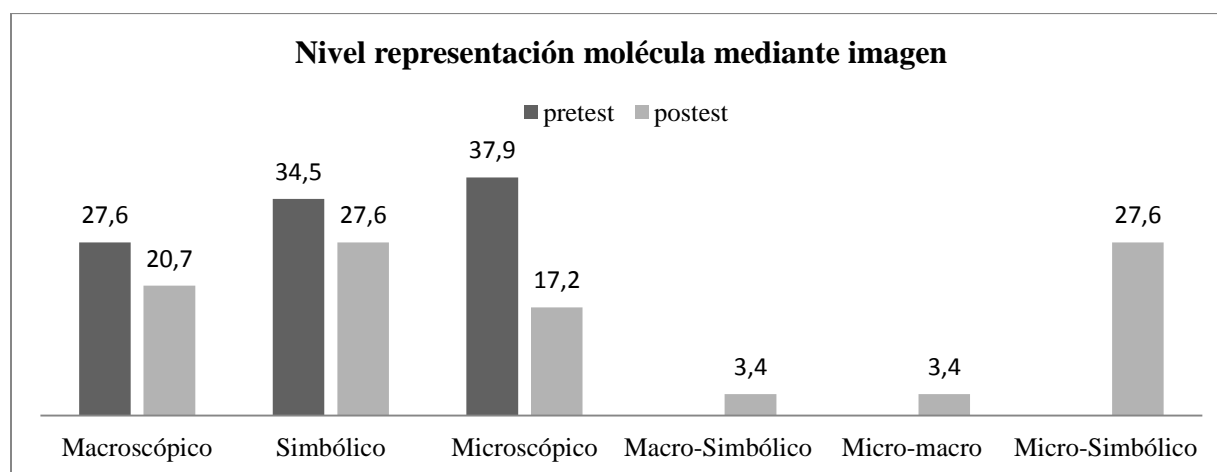
énfasis en el uso de imágenes algunas de ellas generan confusión en el estudiante en el momento de determinar si se habla de átomos o moléculas; por ello habría una tendencia por el grupo experimental por optar por un modelo de representación más simple como el macroscópico. A continuación se muestra la respuesta el pretest y postest de una estudiante que da cuenta de la explicación del comportamiento del ítem en el grupo experimental

“No podría ver nada es todo demasiado oscuro y duro” (GE6, pretest)

“Si yo fuera pequeña y me metiera adentro de la puntilla yo miraría puro hierro” (GE6, postest)

La imagen del humo que sale de un auto suscito en los sujetos del grupo experimental el uso del nivel macroscópico en comparación con el grupo control en donde el uso de este nivel disminuyo notablemente. Aunque en el grupo experimental se observa reducción esta no es considerable como en el grupo control. Tanto el grupo control como el experimental tiene tendencia hacia la representación en el nivel micro-simbólico lo cual es importante en términos didácticos puesto que como lo menciona Rocha (2011), hay una fuerte interdependencia entre los conceptos y los modelos; un indudable vínculo entre la teoría química y el uso del nivel simbólico para interpretar el comportamiento y propiedades de las sustancias. La figura 14 recoge los datos para el grupo experimental relacionados con este ítem.

Figura 14. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 8

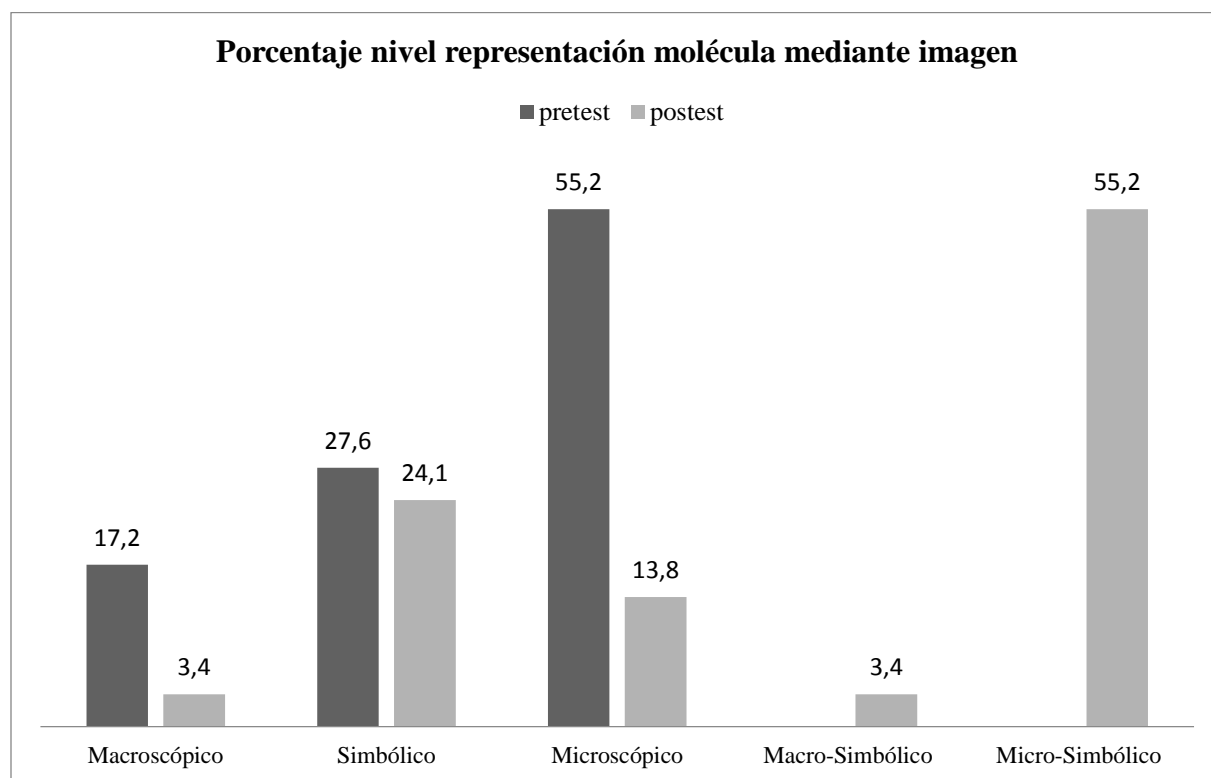


Elaboración propia.

Los datos recolectados para el nivel de representación de las moléculas a partir de la imagen de una gota de agua muestran para el grupo experimental una reducción en el uso del nivel macroscópico; aunque en el grupo control este tipo de representación desaparece; la

reducción en el experimental es considerable. El nivel simbólico muestra una muy baja disminución en el grupo experimental en cambio, en el grupo control desaparece totalmente. Tanto el grupo control y experimental muestran un incremento hacia el nivel microscópico-Simbólico siendo mayor en el grupo control. De lo anterior se puede decir que, a pesar de seguir similar tendencia; la representación mediante imagen tiene mejor desempeño en el grupo control que en el experimental. Este resultado puede deberse a que la propuesta implementada favorece la redescrición representacional pero no logra transformar las concepciones que frente a una sustancia como el agua poseen las personas. La figura 15 presenta los resultados que para este ítem tiene el grupo experimental.

Figura 15. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 9.



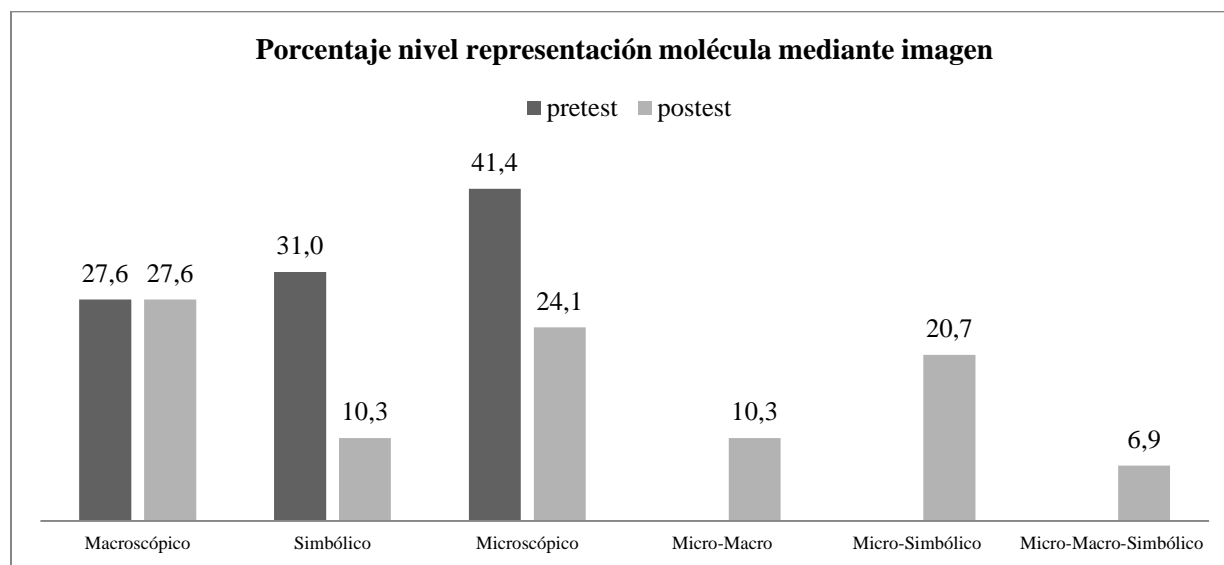
Elaboración propia.

Las diferencias en la forma de representar las moléculas a partir de la imagen de un tanque de oxígeno entre el grupo control y experimental muestran que, mientras en el grupo control hay un aumento importante en el nivel macroscópico en el experimental dicho nivel permanece estable; en cambio niveles de representación más apetecibles en el aula de química se obtienen en mayor proporción en el grupo experimental (por ejemplo, macro-micro-simbólico).

Esto en parte se deba a la implementación de la estrategia de *múltiple representación en química*.

La figura 16 reúne los cambios presentados en el grupo experimental con relación a este ítem.

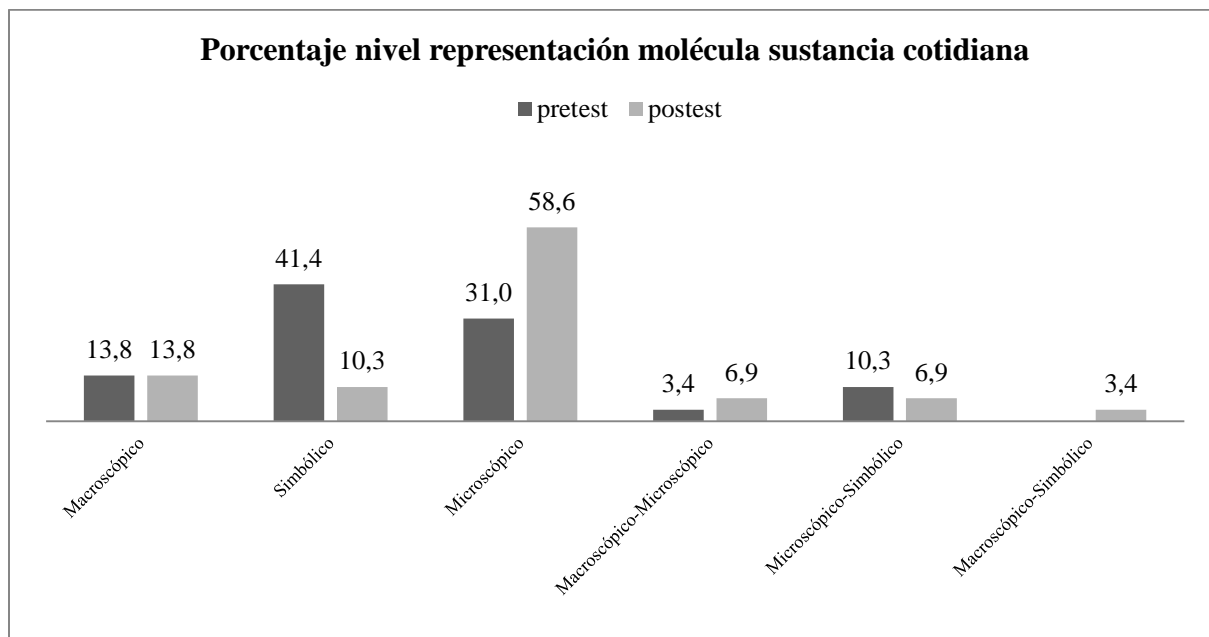
Figura 16. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 10



Elaboración propia.

A diferencia del grupo control los ítem 11, 12, 13 y 17 mostraron diferencias significativas entre el pretest y posttest. A continuación se realiza un análisis de frecuencias alrededor de estos ítems. Se mencionaran algunos de los porcentajes más relevantes encontrados en el grupo control para determinar posibles avances o retrocesos en los niveles de representación.

Los ítems 11, 12 y 13 utilizaban una sustancia cotidiana para que a partir de allí los estudiantes elaboraran representaciones. En el ítem 11 se observa que los estudiantes cambian su modo de representar, pasan de niveles de representación netamente simbólicos a incluir niveles de representación de mayor complejidad como el microscópico y micro-macro. La figura 17 presenta las variaciones observadas entre el pretest y posttest del ítem 11.

Figura 17. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 11

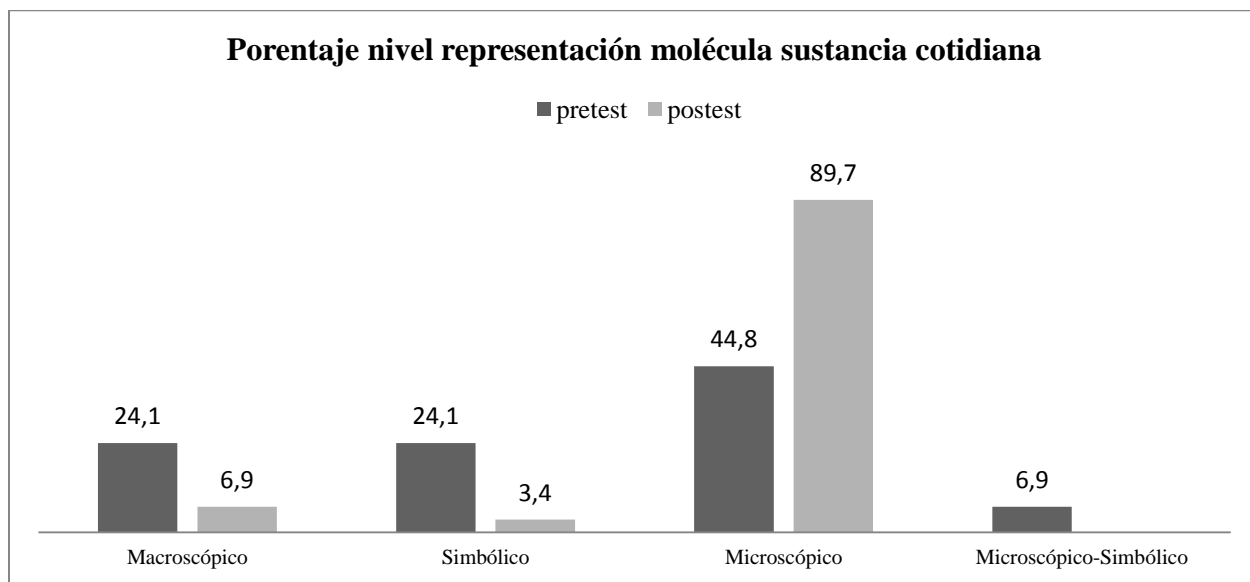
Elaboración propia

El grupo control presentaba un porcentaje en el nivel simbólico 11,1% y 40,7% para el pretest y postest respectivamente. El grupo experimental presenta una reducción del nivel simbólico y un aumento considerable del nivel micro; esto es importante si se tiene en cuenta que generalmente los estudiantes tienden a memorizar las fórmulas de las sustancias con las que se relacionan; hecho que es muy notorio en las repuestas del grupo control. A continuación se muestran algunas de las respuestas de este grupo.

“Está formado por la formula química Carbono e hidrogeno creo” (GC6 postest)

“El azúcar se forma de CHONPS” (GC6, postest)

En cambio, en el grupo experimental la tendencia se da hacia modos de representación en el cual se indica que el azúcar está formado por partículas o en su efecto moléculas. Algunos estudiantes mencionan que el sabor que tiene la sustancia es debido a la interacción de cientos de moléculas; dato relevante si se tiene en cuenta lo reportado por Ordenes, Arellano, Jara, & Merino (2013), los alumnos tienden a atribuir al mundo submicroscópico las propiedades de las sustancias. Lo anterior permite indicar que, la propuesta de intervención tuvo efectos positivos en la representación de sustancias cotidianas. La figura 18 muestra los resultados obtenidos para el ítem 12 en el grupo experimental.

Figura 18. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 12

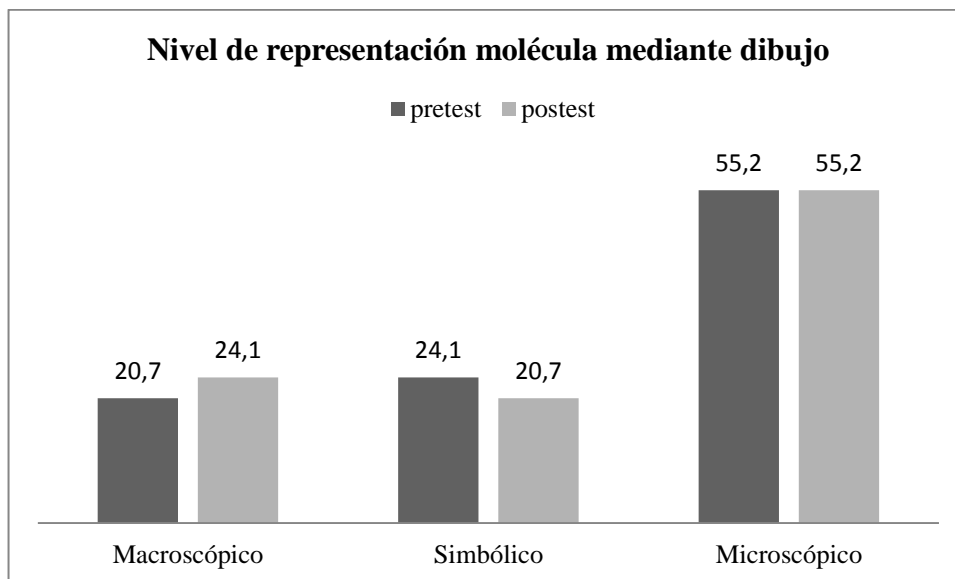
Elaboración propia

En este grupo hay un mayor número de estudiantes en el nivel de representación macroscópico en el pretest en comparación con el grupo control (11,1%), luego de la implementación este porcentaje se reduce considerablemente. El nivel de representación microscópico crece notablemente; lo que sucede de manera similar en el control; esto permite concluir que la estrategia de *múltiple representación en química* tiene un efecto positivo en el grupo; a pesar de que el grupo experimental muestra similar comportamiento que el grupo control; en el experimental se obtienen respuestas más elaboradas y próximas a los modelos científicos. Se presentan algunas de las repuestas del grupo control como ejemplo.

“no sé exactamente pero supongo que vería bolas con C y H” (GC6 postest).

“vería punticos muy grandes con el símbolo (formula) de la sustancia” (GC6 postest).

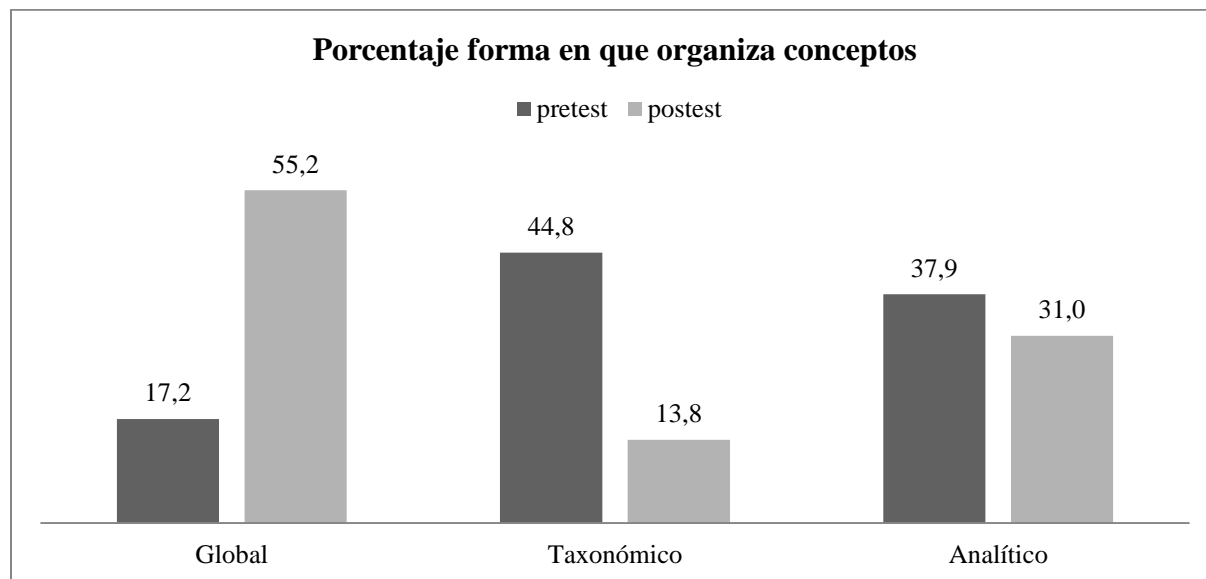
El ítem 13 mostró diferencias significativas entre el pretest y postest en el grupo experimental pero no en el grupo control. En este ítem se les pedía dibujar a los estudiantes acerca de lo que observarían usando un microscopio potente. La figura 19 contiene los datos obtenidos.

Figura 19. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 13

Elaboración propia

Para este ítem se obtuvo un $p < 0,05$ ($p = 0,02$). La variación que se muestra alude a un ligero incremento en los niveles de representación macroscópico hecho que llama la atención; pues de todos los niveles de representación este es el menos deseado en el aprendizaje de la química. Se atribuye este resultado a lo difícil que puede resultar para el estudiante representar mediante un dibujo la molécula de sacarosa; induciéndolo a dibujos del mundo macro principalmente. No hay incremento en el nivel de representación microscópico y se evidencia un ligero deceso en el nivel simbólico. En el grupo control se observa un comportamiento similar en el nivel macroscópico, sin embargo, hay un incremento considerable en el nivel simbólico entre el pretest y postest (48,1% y 55,6% respectivamente).

La organización de conceptos presenta una variación significativa entre el pretest y postest en el grupo experimental. Al comparar las frecuencias se observa gran aumento en la organización global de los conceptos; lo que no es apetecible para el proceso de enseñanza puesto que un tratamiento global conduce a indiferenciaciones entre los constituyentes del átomo y de las moléculas. La figura 20 presenta los resultados obtenidos en el grupo experimental antes y después de la intervención.

Figura 20. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 15

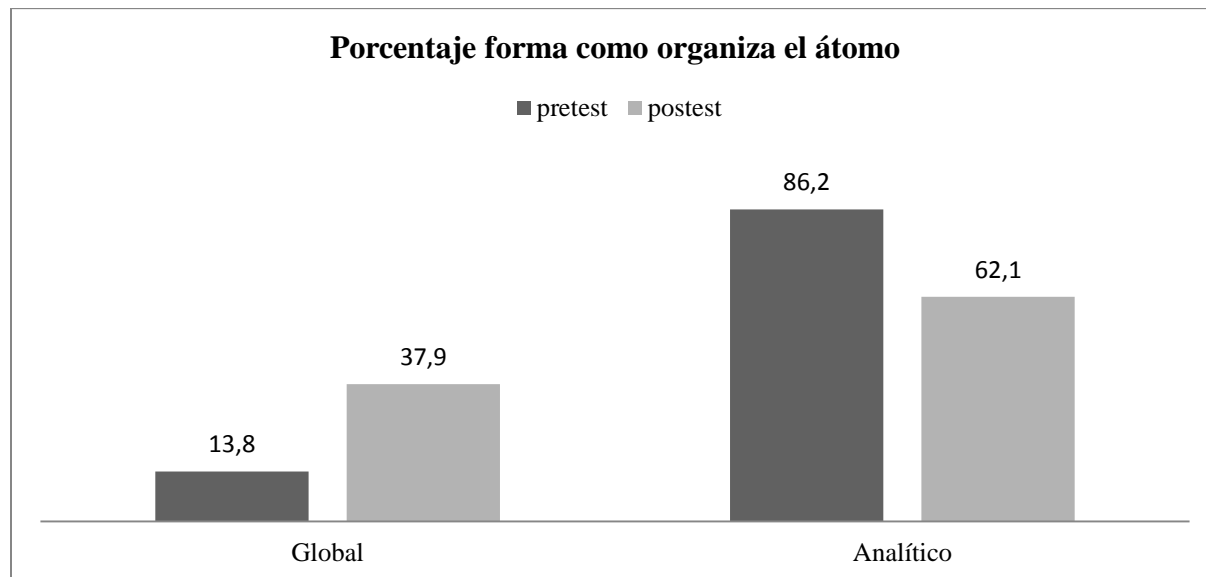
Elaboración propia

La mayoría de sujetos del grupo experimental realizan la organización de los conceptos de forma global; es decir no diferencian de forma clara que contiene a cada término. Para este grupo de estudiantes; moléculas, células, átomos, protones y quarks están presentes dentro de los seres vivos sin que haya una jerarquización u organización conceptual aparente. El grupo control presenta un comportamiento similar; aumento considerable en la organización global de los conceptos y disminución en el arreglo taxonómico. Este acontecimiento no era el esperado dentro del posible efecto de la estrategia implementada; puesto que, se esperaba que los estudiantes luego de la intervención migraran hacia tratamientos analíticos o taxonómicos de los conceptos. Lo que conduce a decir que, la estrategia en vez de facilitar la organización conceptual la dificulta de tal forma que el estudiante opta por el tratamiento global principalmente.

El ítem 17 resultó tener diferencia significativa en el grupo experimental. Aparece nuevamente la misma tendencia presentada en el ítem 15. Hay una mayor preferencia por el tratamiento de forma global de los constituyentes del átomo. Lo cual dificulta la comprensión de los fenómenos químicos si consideramos que, muchos de ellos son explicados a través de sus componentes; por ejemplo, si en un estudiante no hay claridad acerca de los electrones y

protones; los utilizará indiferenciadamente para explicar cualquier suceso. La figura 21 recoge los resultados obtenidos para este ítem en el grupo experimental de grado sexto.

Figura 21. Diferencias grupo experimental sexto pretest y postest ítem 17



Elaboración propia.

Finalmente, de los datos presentados hasta aquí podemos concluir que:

Hay diferencias significativas en el grupo control y experimental en relación con algunos ítems entre el pretest y postest. El grupo control y experimental coincidieron en estas diferencias en los ítems 1, 7, 8, 9, 10 y 15 y difieren en el comportamiento en los ítems 2, 5, 11, 12, 13 y 17.

El ítem 1 presenta similar comportamiento en ambos grupos, desaparece el nivel macroscópico para representar el átomo y hay una transición hacia niveles de representación más próximos al aprendizaje de la química.

El grupo control muestra mayor tendencia hacia el uso de palabras próximas al mundo macro para representar a las moléculas. Por el contrario, el grupo experimental mostró mejores niveles de representación que apuntan a niveles microscópicos y simbólicos principalmente.

Los ítems relacionados con la representación mediante el empleo de imágenes resultaron tener mejor impacto en los sujetos del grupo control que en el experimental. Las imágenes les permiten a los estudiantes del grupo control establecer híbridos representacionales del tipo micro-macro o micro-simbólico.

La estrategia de *múltiple representación* parece tener un mayor efecto en el nivel de representación de los átomos que en el de las moléculas. Del mismo modo, se obtienen representaciones más elaboradas de sustancias cotidianas (ítem 11, 12 y 13).

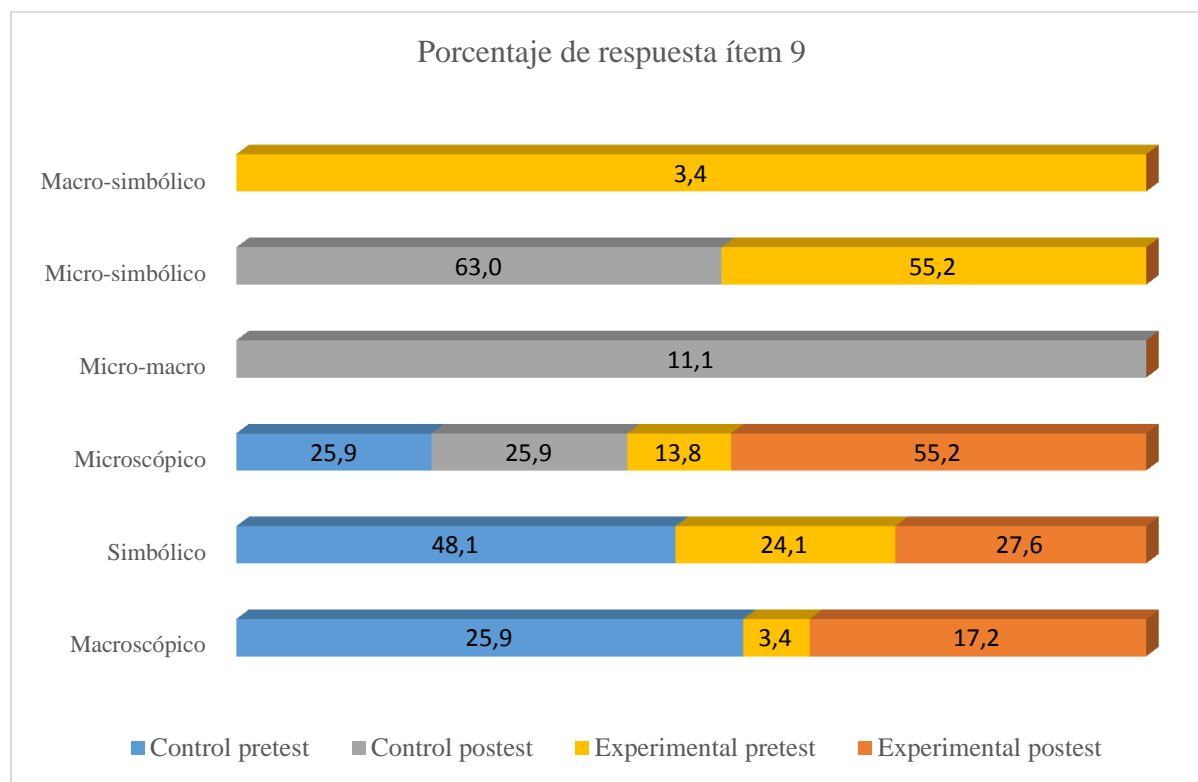
La estrategia implementada dificulta en cierta medida procesos en los cuales los sujetos deben realizar la organización de conceptos o constituyentes de los átomos y las moléculas. Si bien hay una mejoría en la calidad de las respuestas estas resultan convirtiéndose en mezclas confusas de conceptos.

A continuación se presenta el análisis entre el grupo experimental y control del grado sexto a partir de la prueba U de Mann-Whitney; esta prueba permitió determinar si las conclusiones emitidas hasta el momento resultan del todo aceptables.

Prueba U de Mann-Whitney: diferencias entre el grupo control y experimental de grado sexto.

Los resultados de la prueba pueden consultarse en el anexo 7; se encontró que antes de la intervención habían diferencias significativas en algunos ítems; por ello se profundizó en este aspecto para determinar las posibles variaciones suscitadas luego de la intervención. Seguidamente, se presentan las diferencias significativas en el posttest para establecer los efectos positivos o negativos entre los grupos.

Los ítems 9, 11 y 15 presentaron diferencias significativas entre los grupos experimental y control antes de la intervención. Esto indica que no hay homogeneidad entre los grupos; puesto que la mediana entre el grupo control y experimental es distinta para estos ítems. Se procede a realizar el análisis de las diferencias entre el control y experimental. La figura 22 reúne las variaciones de la pregunta 9.

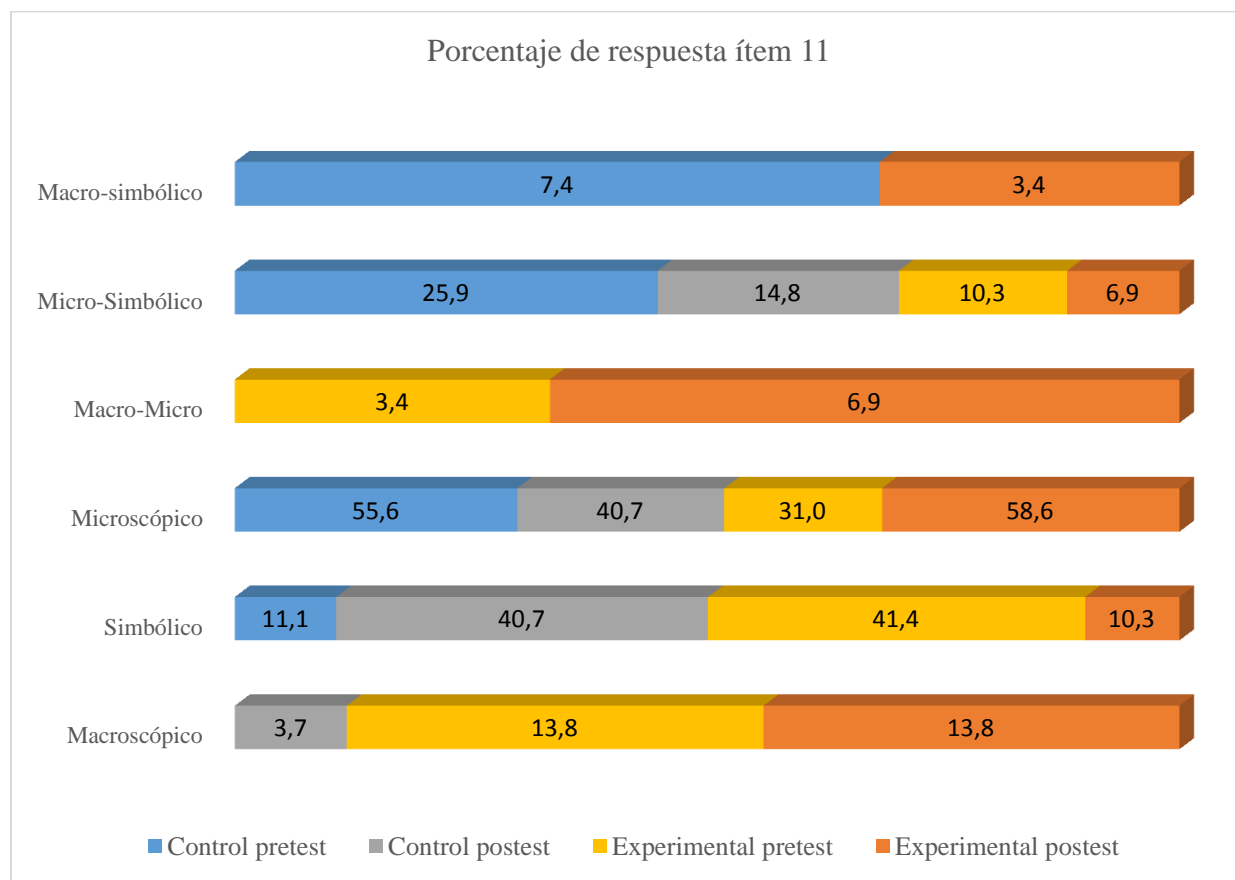
Figura 22. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 9

Elaboración propia.

El grupo experimental presenta mayor número de estudiantes en el nivel de representación microscópico en el pretest (55,2%). La representación macroscópica en el grupo experimental es más baja comparada con el grupo control (25,9% vs 17,2%); sin embargo se mantiene un pequeño porcentaje en el experimental luego de la intervención (3,4%). La diferencia entre el grupo experimental y control antes de la implementación de la estrategia se debe a que el experimental tiene un mayor número de estudiantes en niveles de representación más deseados para el aprendizaje de la química lo que hace que hayan diferencias significativas entre las medianas del control y experimental ($Me=3$ y $Me=4$, respectivamente); luego de finalizado el tratamiento tanto el grupo experimental y control mejoran sus niveles de representación ubicándose principalmente en el nivel micro-simbólico sin que hayan diferencias significativas en el posttest.

El ítem 11 presentó un $p=0,01$; lo que indica que se presentan diferencias significativas entre los niveles de representación en los estudiantes del grupo control y experimental. La figura 23 reúne las frecuencias de las respuestas para estos grupos.

Figura 23. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 11



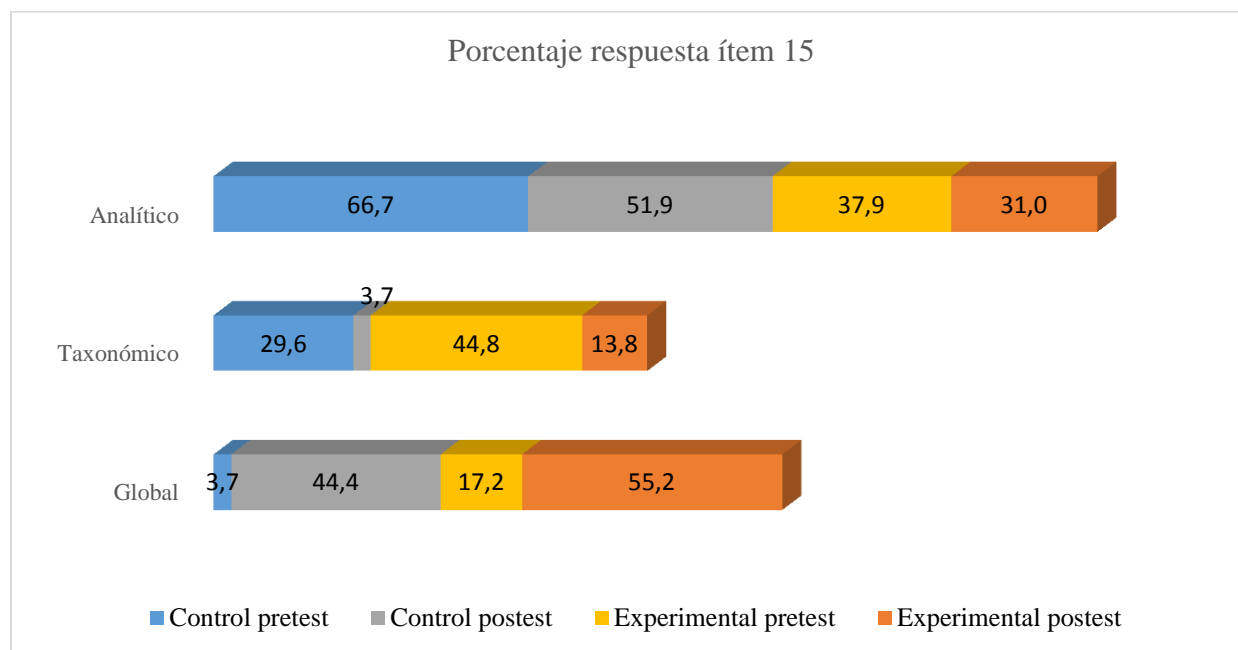
Elaboración propia

Inicialmente en el grupo control no se encontraban estudiantes en el nivel macroscópico mientras que en el grupo experimental hay un número importante de estudiantes en este nivel (13,8%). El control tenía mayor porcentaje de estudiantes en el nivel micro-simbólico comparado con el experimental; esto explica la diferencia a favor del grupo control antes de la aplicación y deja entrever la posible influencia positiva de la estrategia implementada para cualificar los niveles de representación de las sustancias cotidianas. El postest muestra un incremento notable hacia el nivel simbólico en ambos grupos y la disminución de las representaciones netamente macroscópicas en el grupo control. Las diferencias entre las medianas del control y experimental ($Me=4$ y $Me=3$ respectivamente) se dan por el número de estudiantes que representan a la

sustancia en el nivel macroscópico y el escaso porcentaje de sujetos que hacen uso del nivel micro-simbólico, presente en un alta proporción en el grupo control.

La organización de conceptos presentó diferencias significativas entre ambos grupos en el pretest. La figura 24 muestra las frecuencias de respuesta para los grupos control y experimental.

Figura 24. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 15



Elaboración propia

El grupo control presenta un mayor número de sujetos que organizan los conceptos de forma analítica lo que le otorga un mayor puntaje y explica el valor de su mediana (Me=3). En cambio, el grupo experimental tiene un porcentaje bajo (37,9%) en comparación con el control (66,7%); lo contrario ocurre en la organización global en donde el grupo control tiene un porcentaje menor comparado con el grupo experimental (17,2% experimental vs 3,7% control). La diferencia entre ambos explica el p=0,021 hallado. En ambos grupos se ve un notable incremento hacia la organización global de los conceptos luego de la intervención. Para Mondelo, García, & Martínez (1994) los alumnos cuando intentan organizar este tipo de conceptos presentan dificultades debido al ejercicio de abstracción involucrado; lo que los lleva a utilizar indistintamente la materia viva e inerte para explicar o dar respuesta a un interrogante.

Hasta aquí podemos decir que, las diferencias significativas entre el grupo control y experimental en el pretest favorecen en dos de los ítems al grupo control; es decir los sujetos del

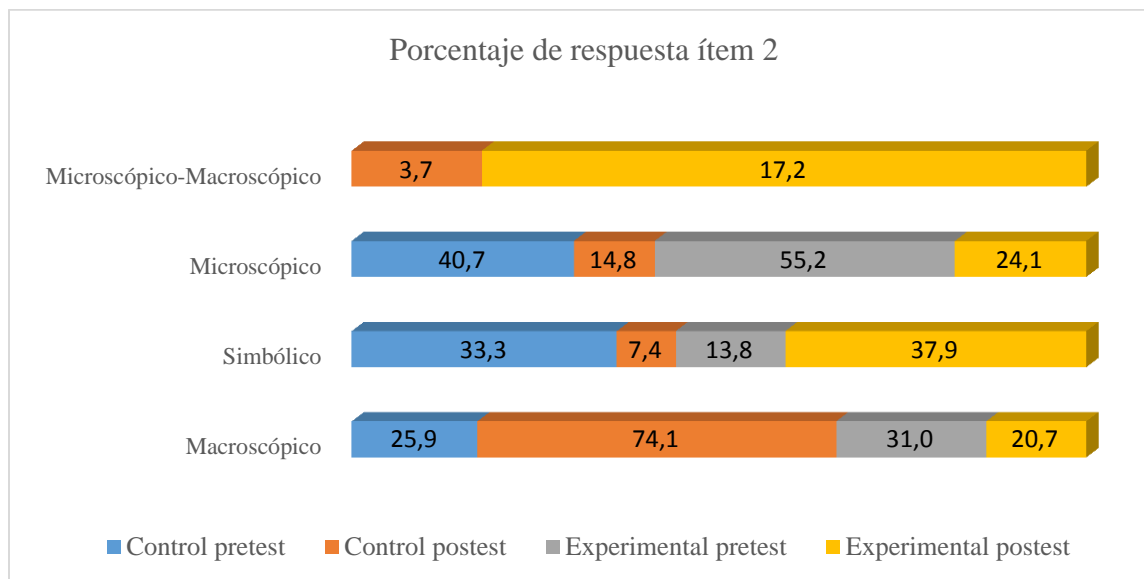
grupo control presentan mejores niveles de representación a partir de imágenes y en la organización analítica de conceptos; por lo tanto un aumento en los niveles de representación en el grupo experimental apoyaría la tesis de un efecto positivo de la propuesta de intervención. Las diferencias en ambos grupos se deben principalmente a la escasa homogeneidad de los grupos debido a la aleatoriedad de la muestra. El hecho de trabajar con grupos intactos puede sesgar en cierta medida el efecto de la estrategia de *múltiple representación en química*.

De otro lado, se evidencia que la propuesta de intervención tuvo un efecto negativo en lo referente a la organización conceptual; pues como se puede corroborar hay un aumento considerable en la organización global en el grupo experimental en los resultados del postest. Los estadísticos descriptivos analizados en el postest son un referente para corroborar la variación en los resultados luego de la intervención pedagógica, permitiendo concluir que la estrategia de *múltiple representación en química* obstaculiza en cierta medida la organización conceptual en los estudiantes.

Prueba U de Mann-Whitney: diferencias entre el grupo control y experimental de grado sexto postest.

Los resultados muestran diferencias significativas en el postest (anexo 7) en los ítems 2, 6, 7 y 8; tres de estos ítems identifican el modo en el que el estudiante representa a las moléculas. El ítem 7 determina la forma como se representan los átomos a partir de la imagen de una puntilla de hierro. A continuación se profundiza en el comportamiento de estos entre los grupos.

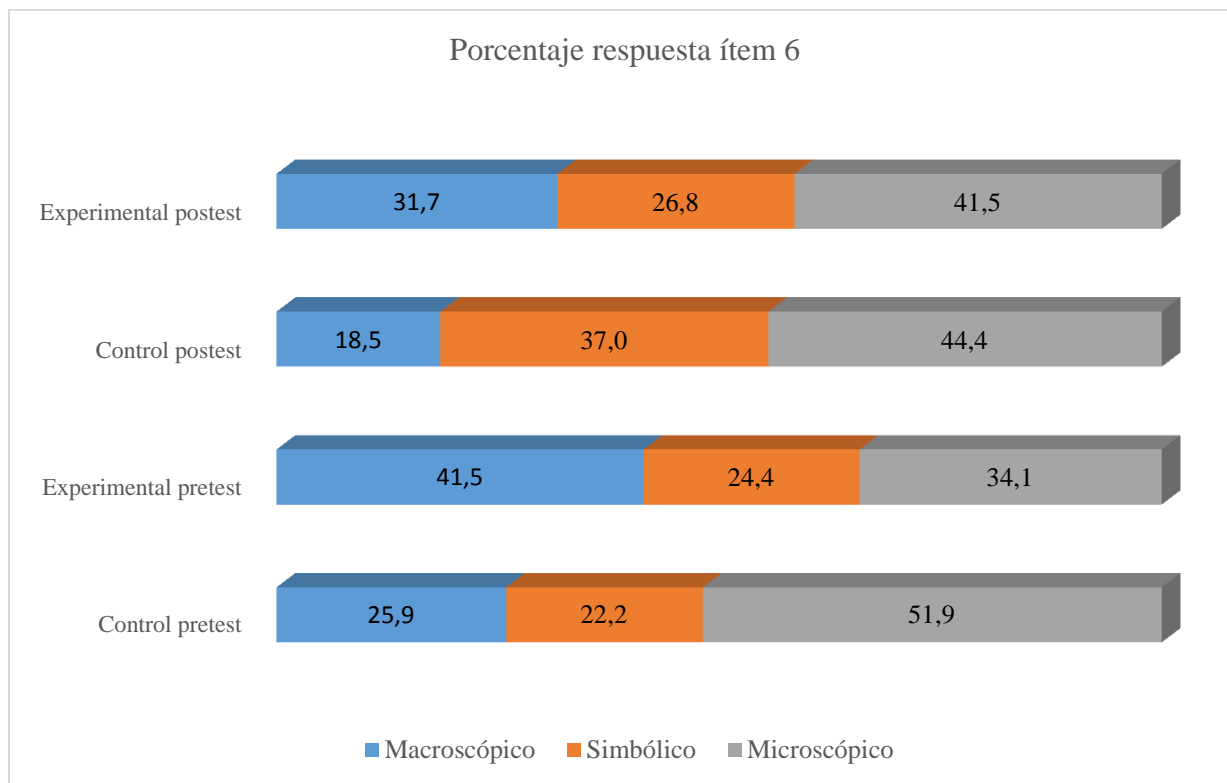
La pregunta 2 del test de niveles de representaciones atómico-molecular, buscaba indagar acerca de las palabras que se usan para representar a las moléculas. La figura 25 reúne los porcentajes de repuestas para los grupos.

Figura 25. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 2

Elaboración propia.

El grupo control presentó una marcada tendencia hacia el uso del nivel macroscópico para representar a las moléculas. En cambio, el grupo experimental redujo notablemente el uso de este nivel; se encuentra un porcentaje importante que utiliza el híbrido micro-macro (17,2%) para pensar en las moléculas. El uso del nivel simbólico se incrementa en el grupo experimental y decrece en el grupo control. Lo anterior explica las diferencias entre las medianas de ambos grupos luego de la intervención ($Me_{GC6}=1,00$ vs $Me_{GE6}=3,0$) y permite indicar que la implementación de la *estrategia de múltiple representación en química* tiene un efecto favorable sobre el grupo en comparación con el grupo control ($p \leq 0,00$).

La pregunta 6 indagaba acerca de las formas que utilizan las personas para representar a las moléculas. La figura 26 muestra los resultados obtenidos entre los grupos.

Figura 26. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 6.

Elaboración propia

El estadístico muestra diferencias significativas entre el grupo control y experimental ($p \leq 0,00$) al revisar las frecuencias de las respuestas se encuentra que en el grupo experimental hay un aumento en el nivel de representación microscópico, hecho que no ocurre en el grupo control; en donde este nivel tiende a disminuir. El nivel macroscópico disminuye entre el pretest y postest en el grupo experimental; lo cual ocurre en menor proporción en el control. Hay un aumento en el nivel simbólico pero no es tan considerable como en el grupo control. Por lo tanto se concluye que en el grupo experimental hay un efecto que favorece la utilización de referentes microscópicos para representar a las moléculas. Se ejemplifican algunas repuestas halladas que permiten justificar esta conclusión.

“es la unión de bolas esféricas, tridimensionales” (GE6 pretest).

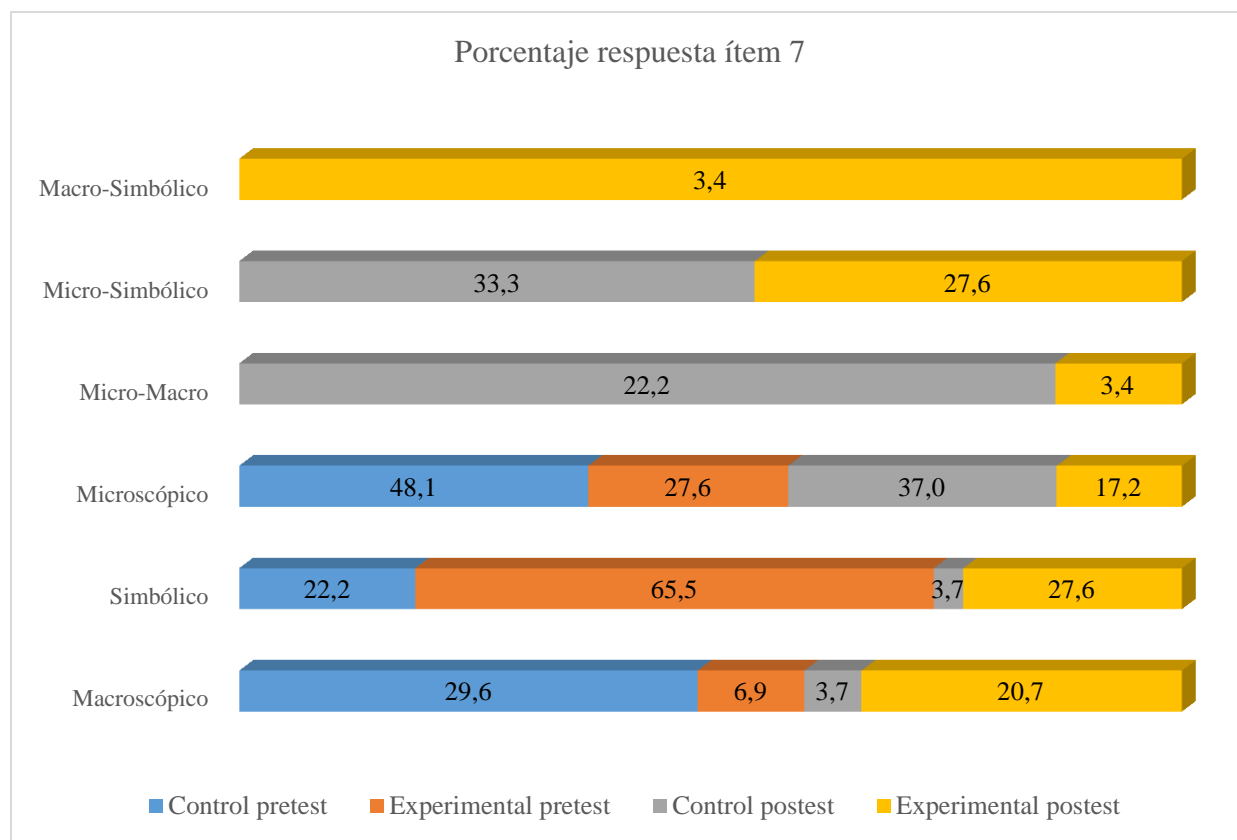
“Son uniones entre dos o más átomos, se representan mediante esferas pero no son así solo son ideas que tienen las personas” (GE6 postest).

“las moléculas no se pueden ver, son puntos muy pequeños” (GE6 pretest).

“Las moléculas están conformadas por átomos iguales o diferentes clases; estos átomos son microscópicos y se dibujan con la configuración electrónica, pero es mejor hacerlo mediante esferas es más sencillo” (GE6 postest).

La representación de los átomos mediante el uso de imágenes mostro diferencias significativas entre el grupo control y experimental en el ítem 7 ($p \leq 0,01$). La figura 27 recoge los resultados obtenidos en la frecuencia de respuesta.

Figura 27. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 7.



Elaboración propia.

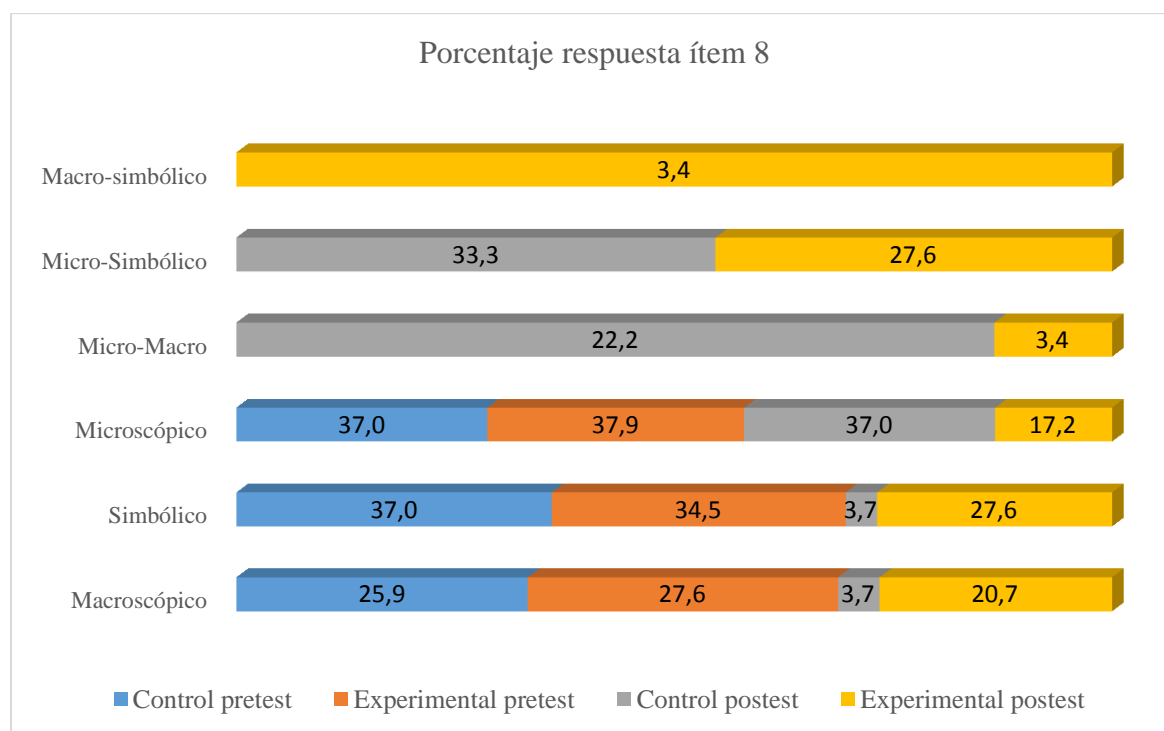
En el grupo experimental hay un aumento del nivel macroscópico como forma de representación atómica (6,9%_{pre} vs 20,7%_{post}). A pesar de que el grupo migra a niveles de representación más deseables como el micro-simbólico hay reducción del nivel simbólico. En cambio, el grupo control experimenta un decaimiento notable de los niveles de representación macroscópico y simbólico; se observa un aumento en los niveles de representación micro-macro y micro simbólico. Lo anterior indica que la diferencia significativa favorece al grupo control; por el contrario el grupo experimental hace uso de niveles de representación que podrían

dificultar el aprendizaje de la química. Este resultado puede deberse a que la imagen moviliza en el grupo experimental el uso de símbolos como forma de materializar su representación.

Lo anterior tiene serias repercusiones en la enseñanza si se tiene en cuenta que, en distintas ocasiones en el aula se utilizan imágenes que en vez de ayudar al aprendizaje generan concepciones e indiferenciaciones entre los átomos y las moléculas; por ello es importante trabajar en estudios que profundicen en el papel de las imágenes dentro de la enseñanza. Al igual que Lynch (1997) se asume que, la conformación de los grupos juega un papel importante y por lo tanto la influencia de aquellos que tienen mejor habilidad para interpretar las imágenes son socializadas con el resto del grupo jalonando a aquellos estudiantes que tenían niveles de representación menos deseables; hecho que no sucedería en el grupo experimental.

Finalmente, el ítem 8 arrojó un $p \leq 0,01$, la figura 28 muestra las frecuencias en la respuesta entre los grupos para este ítem.

Figura 28. Diferencias grupo experimental y control sexto pretest-postest ítem 7.



Elaboración propia.

El grupo experimental presenta una disminución en el uso del nivel macroscópico y simbólico aunque esta no es tan considerable como la que se da en el grupo control; esto explica las diferencias entre la medianas ($Me_{GC6\ pre}=3,0$ vs $Me_{GC6\ post}=5,0$). Los estudiantes de este grupo

se movilizan hacia niveles de representación más complejos, hecho que no ocurre en el grupo experimental; en donde hay un tránsito a otros niveles representacionales pero no con el mismo impacto que ocurre en el control; por lo que no hay diferencias entre las medianas ($Me=3,0$), se concluye que la estrategia de *múltiple representación en química* no surtió ningún efecto en este ítem.

De esta sección se puede concluir que, los ítems 2,6, 7 y 8 presentaron diferencias significativas entre los grupos. Los ítems 2 y 6 mostraron efectos positivos en el grupo experimental; lo que indicaría que la estrategia presenta influencia en la representación de las moléculas mediante el uso de palabras y a las formas utilizadas para representar.

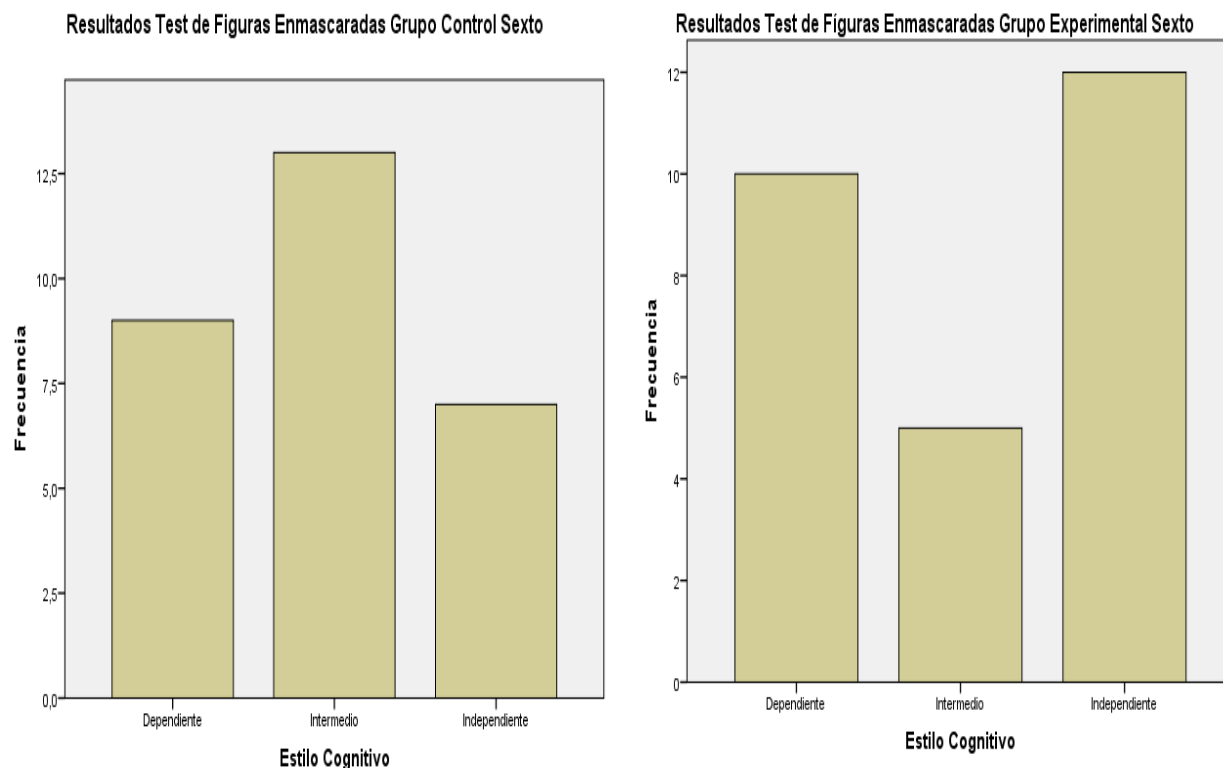
Los ítem 7 y 8 favorecen principalmente al grupo control; lo que indica que los estudiantes de este grupo se ven más favorecidos por el uso de imágenes para representar a los átomos y las moléculas; es decir que las imágenes son una estrategia neutral para la enseñanza de la química pues logran movilizar a los estudiantes a niveles de representación más deseables.

La estrategia de múltiple representación en química tiene un impacto considerable a nivel del lenguaje usado por el estudiante para representar a las moléculas. El efecto encontrado lleva a reflexionar acerca de las posibilidades de mejora en la estrategia para abordar aquellas deficiencias en las que el grupo control presenta mejores desenvolvimientos. A continuación se presentan la posible relación de los ítems con el estilo cognitivo.

Prueba de Kruskal- Wallis: niveles de representación en grado sexto y relación con el estilo cognitivo en la dimensión DIC.

Estilo cognitivo

A los estudiantes de cada uno de los grupos se les aplicó el test de figuras enmascaradas (EFT). A partir de allí se establecieron los rangos para caracterizar el estilo cognitivo de los estudiantes. El máximo puntaje obtenido en el test en el grupo sexto fue de 3 y el máximo fue de 29; con media de 15,34 y una desviación estándar de 7,692. Los resultados para los estilos cognitivos de los GC6 y GE6 se muestran en la figura 29.

Figura 29. Resultados para el Test de figuras enmascaradas EFT de los GC6 y GE6.

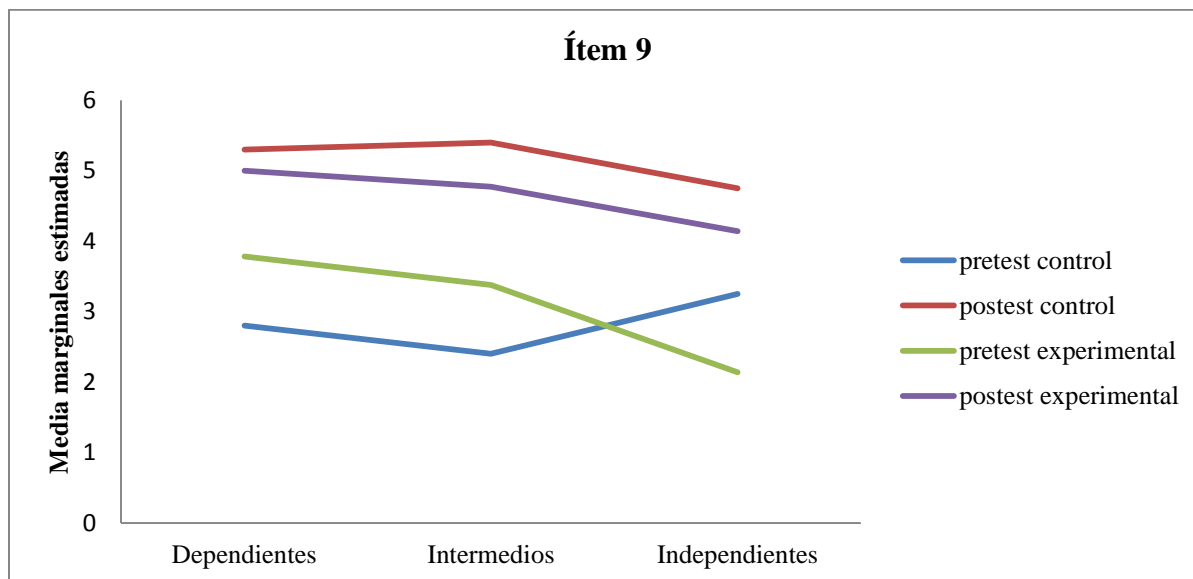
Elaboración propia.

Prueba de Kruskal- Wallis.

Esta prueba compara las medianas de los grupos con los rangos establecidos en la prueba EFT y determina si hay diferencias significativas entre ambos. El anexo 8 recoge los resultados para este estadístico.

Al comparar los grupos del grado sexto en lo referente a los estilos cognitivos y su relación con los niveles de representación se encontró de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis que hay diferencias significativas en el ítem 9 del grupo experimental en el pretest y en el 2 del posttest. En cambio para el grupo control solo hay diferencias en el ítem 6 del posttest. A continuación se profundiza en el análisis de estas diferencias ($p \leq 0,05$).

La figura 30 muestra el comportamiento de los grupos en cuanto a la media marginal estimada y el estilo cognitivo.

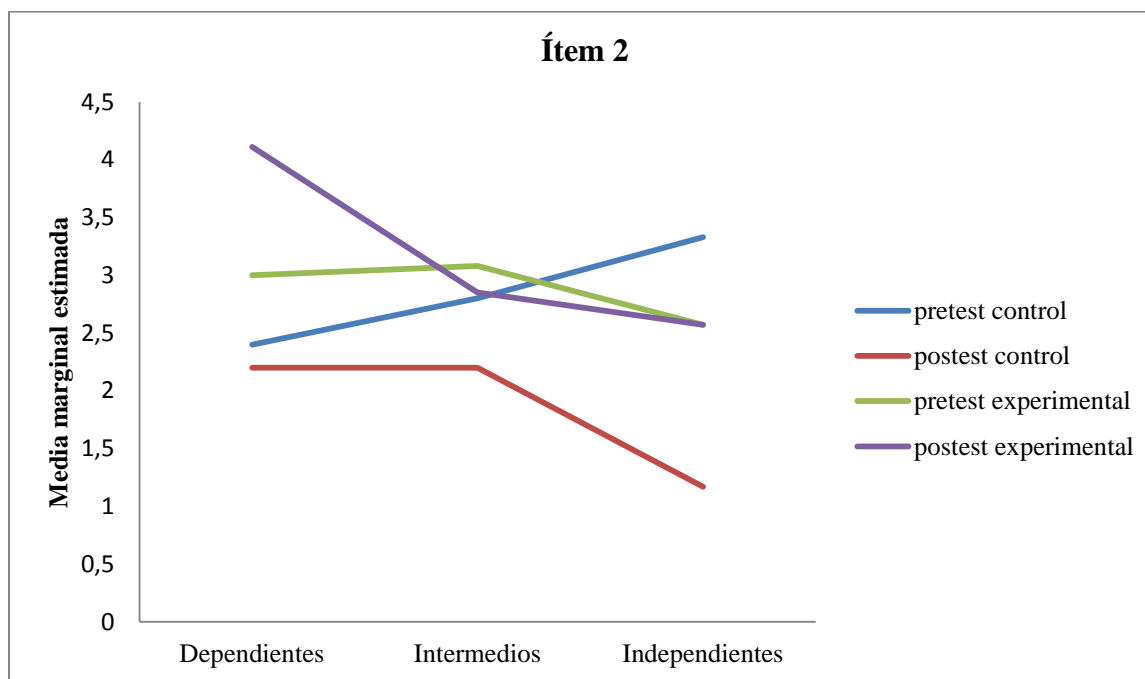
Figura 30. Diferencias entre grupos grado sexto representación mediante imagen.

Elaboración propia.

Los niveles de representación de los independientes de campo del grupo control estaban por encima del grupo experimental. Los sujetos dependientes en el pretest presentaban bajos niveles de representación; macroscópicos, macro-simbólicos y simbólicos principalmente.

La diferencia significativa se da a favor del grupo experimental; en donde los niveles son más altos en los dependientes e intermedios. El grupo control muestra mejores niveles representacionales en los sujetos independientes comparado con el grupo experimental. Luego de la intervención no hay diferencias significativas y ambos grupos exhiben similar comportamiento; aunque hay una marcada tendencia hacia el uso de niveles representacionales más próximos a los científicos en el grupo control.

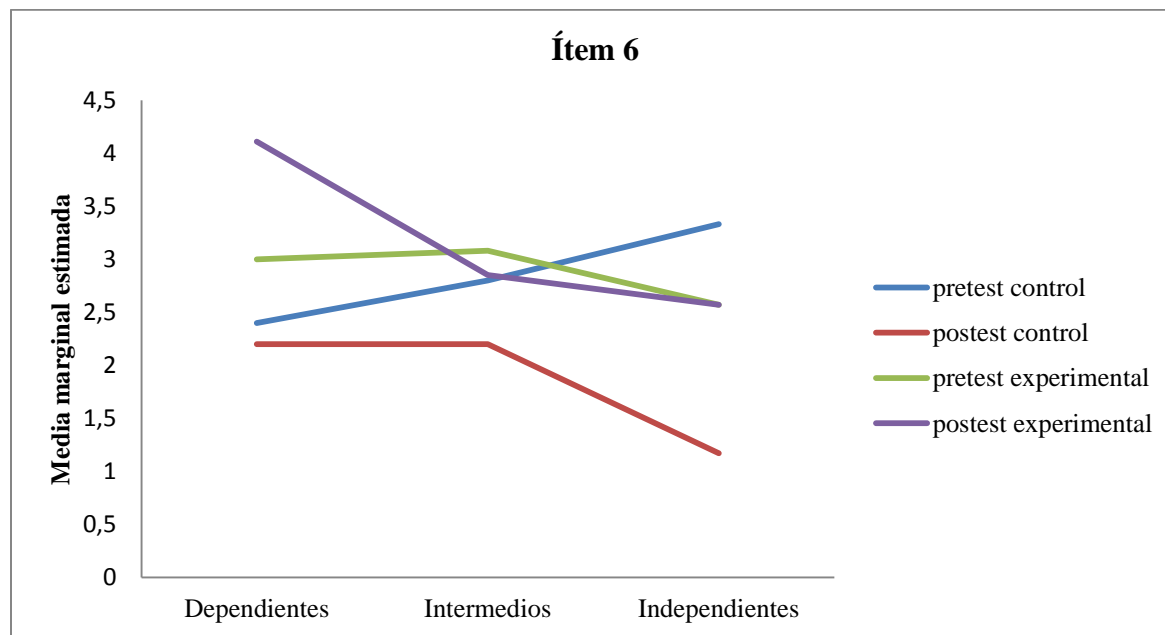
La figura 31 muestra la tendencia en los grupos pretest y posttest del ítem 2. Existen diferencias significativas $p=0,02$, para este ítem en el grupo experimental pretest.

Figura 31. Diferencias entre grupos grado sexto representación moléculas mediante palabras

Elaboración propia.

La propuesta implementada resultó siendo efectiva para los sujetos dependientes de campo quienes muestran una variación importante entre el pretest y postest. Sin embargo, los sujetos independientes de campo mantienen sus niveles representacionales sin modificación; aunque comparados con el grupo control muestran niveles de representación más deseables para el aprendizaje de la química. La enseñanza tradicional ocasiona en los sujetos independientes de campo descenso de los niveles representacionales. La estrategia implementada beneficia a ambos polos de los estilos; elevando los niveles representacionales de los dependientes y manteniendo los niveles de los independientes.

La figura 32 reúne la variación de los grupos alrededor del ítem 6; en el que se presentaron diferencias significativas en el grupo control postest $p=0,00$.

Figura 32. Diferencias entre grupos grado sexto representación mediante palabras

Elaboración propia.

Los dependientes de campo muestran mayor sensibilidad a la propuesta implementada lo que se refleja en el aumento de sus niveles representacionales. Los independientes de campo también muestran cierta sensibilidad con la estrategia de *múltiple representación en química*; si se compara el comportamiento del grupo control se observa que antes de la intervención se tenían niveles más cercanos a los científicos y luego de esta los niveles descienden significativamente. En el grupo experimental es mejor el desenvolvimiento de los dependientes que los independientes; lo que permite inferir que en parte la estrategia implementada favorece la representación de las moléculas tanto en dependientes e independientes.

De todo lo anterior se concluye que, Se presentaron diferencias significativas en los ítems 2,6 y 9, con $p \leq 0,05$. Los sujetos dependientes de campo se ven significativamente favorecidos por la implementación de la estrategia de *múltiple representación en química*; permitiéndole acceder de mejor manera a la representación de las moléculas mediante el uso de palabras; formas e imágenes. Este hecho es relevante si se tiene en cuenta que la educación científica y las formas de enseñanza actuales benefician notablemente el desenvolvimiento de los sujetos independientes de campo.

Una inadecuada presentación de los contenidos y temáticas puede ocasionar desempeños bajos en los sujetos independientes de campo; por lo tanto la propuesta implementada tiene

ventajas frente a los métodos tradicionales de la enseñanza de la química pues favorece tanto a sujetos dependientes como independientes.

Estadísticos descriptivos y prueba de Wilcoxon: grupo control pretest y postest grado décimo.

El anexo 9 muestra variaciones en las medias del grupo control del grado décimo (GC10). Los ítems que presentan un aumento en el valor de la media son: 1, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 15; Lo anterior indica que, los estudiantes del grado décimo del grupo en mención mejoraron los niveles de representación del átomo en cuanto a incluir vocablos o palabras relacionadas con el nivel microscópico principalmente e integraron el mundo micro y macroscópico mediante el uso de imágenes (ítems 7, 8, 9 y 10). El grupo muestra una tendencia hacia la representación de las moléculas mediante el uso de imágenes incluyendo en ellas referentes microscópicos y macroscópicos. Hay una variación importante en los niveles de representación de sustancias cotidianas ítem 11 y 12. Además, hay una mejoría en la organización conceptual correspondiente al ítem 15.

En términos generales, el grupo control muestra una evolución en los niveles de representación a continuación se muestra algunas de las respuestas del mismo estudiante entre el pretest y postest para el ítem 1 que dan cuenta de esta inferencia.

“Son pequeñas bolas que forman un algo” (GC10 pretest, ítem 1).

“Son los constituyentes de la materia, son microscópicos” (GC10 postest, ítem 1).

“Son como bolitas medianas” (GC10 pretest, ítem 5).

“Son microscópicas, formada por neutrones, protones y electrones” (GC10 postest, ítem 5).

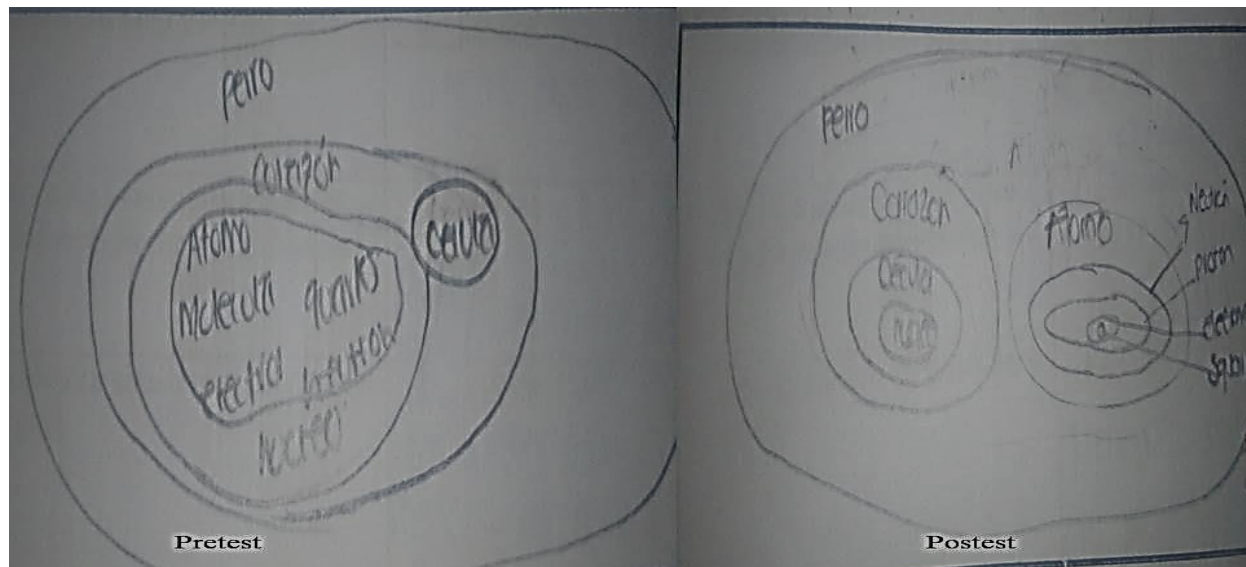
En cuanto a la variación de la media en los ítems relacionados con la representación mediante imágenes se observa que las imágenes promueven niveles de representación del tipo microscópico y simbólico principalmente. La variación de la media en los ítems 11 y 12 muestran una tendencia a la representación simbólica del azúcar; a continuación se ejemplifican algunas de las respuestas.

“Vería el dulce de la caña de azúcar” (GC10 pretest, ítem 11).

“Conformado por átomos y moléculas, $C_{12}H_{22}O_{11}$ ” (GC10 postest, ítem 11).

La variación de la media en el ítem 15 muestra que los estudiantes de este grupo pasan de niveles de organización globales a tratamientos más analíticos de la información en donde se intenta jerarquizar o incluso clasificar. La figura 33 sirve de ejemplo de esta evolución en un estudiante de este grupo.

Figura 33. Respuesta del estudiante María Alexandra Arboleda grado décimo grupo control (pretest y postest) ítem 15.

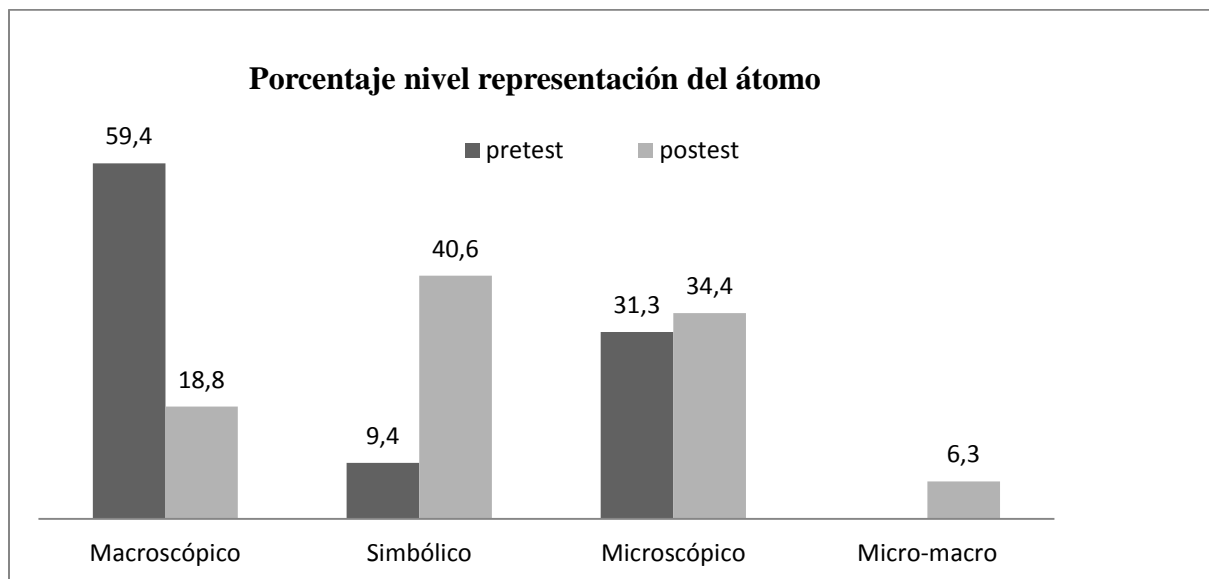


Fuente: Test de niveles de representación Atómico-Molecular versión 2.

Prueba de Wilcoxon

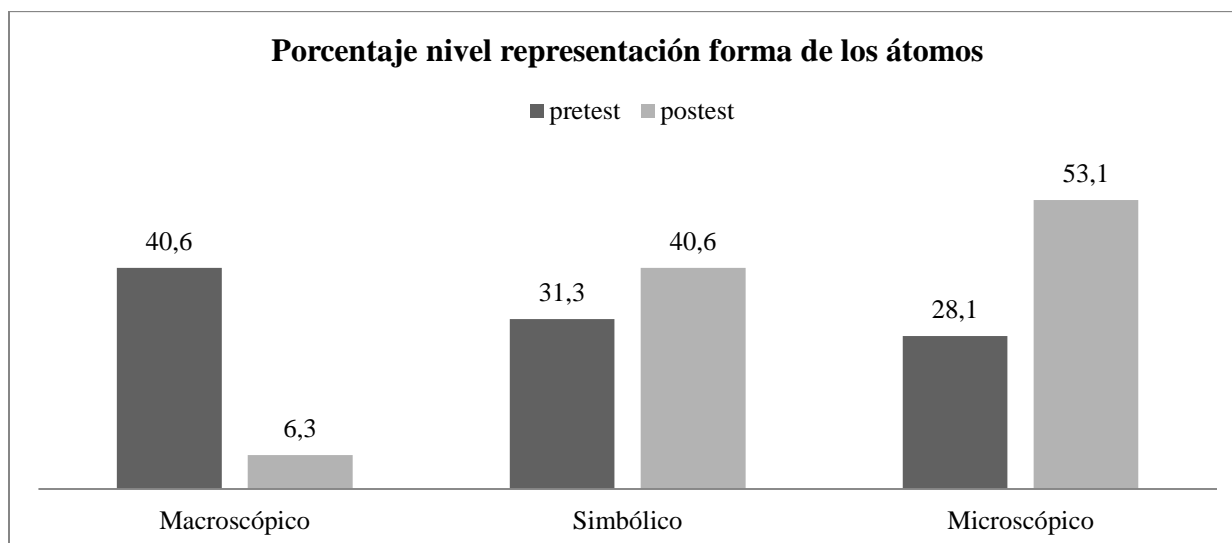
El anexo 9 recoge los resultados de la prueba estadística y el nivel significancia de la prueba para los ítems en los cuales $P \leq 0,05$. De los dieciocho ítems que presentaba el instrumento solo nueve de ellos presentaron diferencias significativas en el nivel de representación en el grupo control.

La variación de los ítems se da por el cambio hacia niveles de representación más cercanos a los niveles microscópicos mezclados con el nivel simbólico y macroscópico. La figura 34 recoge la variación en las frecuencias para el ítem 1.

Figura 34. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 1.

Elaboración propia.

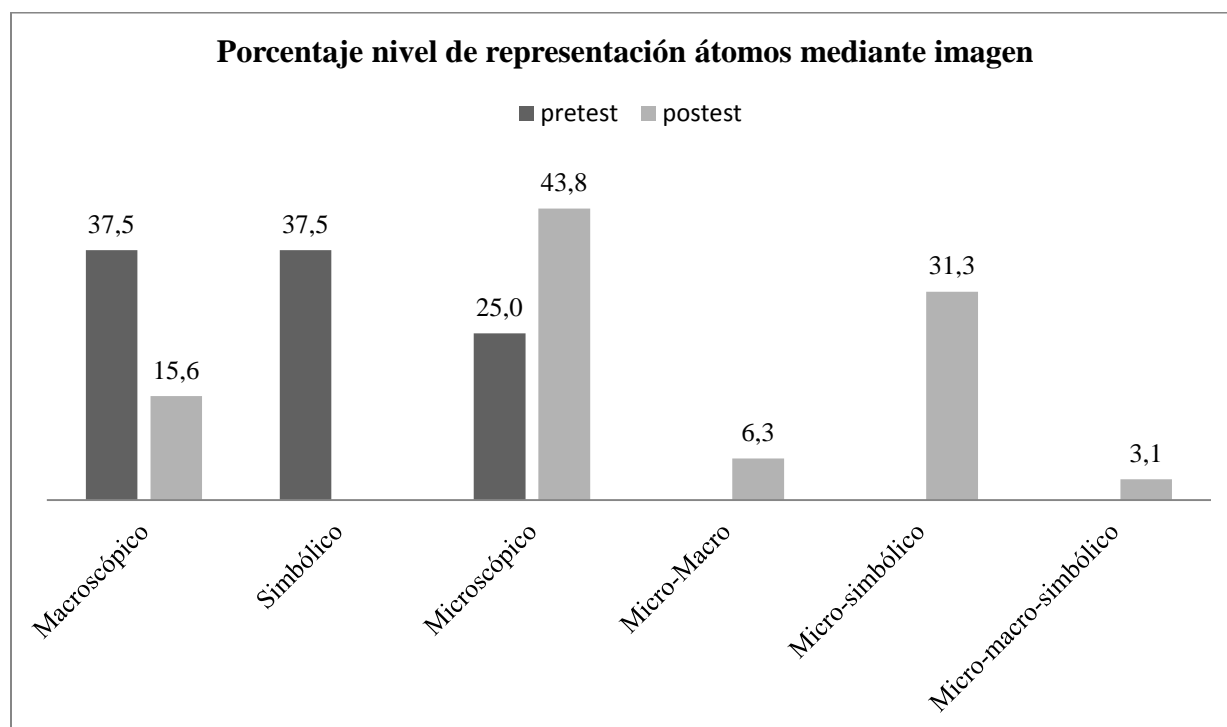
Se observa una disminución del nivel macroscópico principalmente y un aumento en el nivel simbólico. La variación de la media ($\bar{X}_{pre}=2,13$ vs $\bar{X}_{post}=3,09$) corresponde al comportamiento expresado anteriormente. La inclusión del nivel simbólico le permite al estudiante comprender mejor los constituyentes del átomo y algunas temáticas relacionadas con las teorías de los enlaces. La figura 35 presenta los resultados obtenidos para el ítem 5.

Figura 35. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 5.

Elaboración propia.

Los referentes análogos en los que se piensan los átomos juegan un papel fundamental en la enseñanza, pues son modelos consensuados por la comunidad científica. En este grupo los estudiantes pasan de atribuirle a los átomos formas del mundo macroscópico a incluir y expresar sus formas con elementos simbólicos y/o microscópicos. Si bien es un avance, no hay que dar por sentado que se alcanza la comprensión; pues como lo plantea Harrison & Treagust (1996), las representaciones simbólicas de las partículas atómicas presentan limitantes; la materia no está compuesta de bolas pequeñas y duras, solo son modelos que generan una utilidad para la enseñanza y el alumno debe interiorizar conociendo sus alcances y limitaciones. La figura 36 muestra el comportamiento del ítem 7.

Figura 36. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 7.

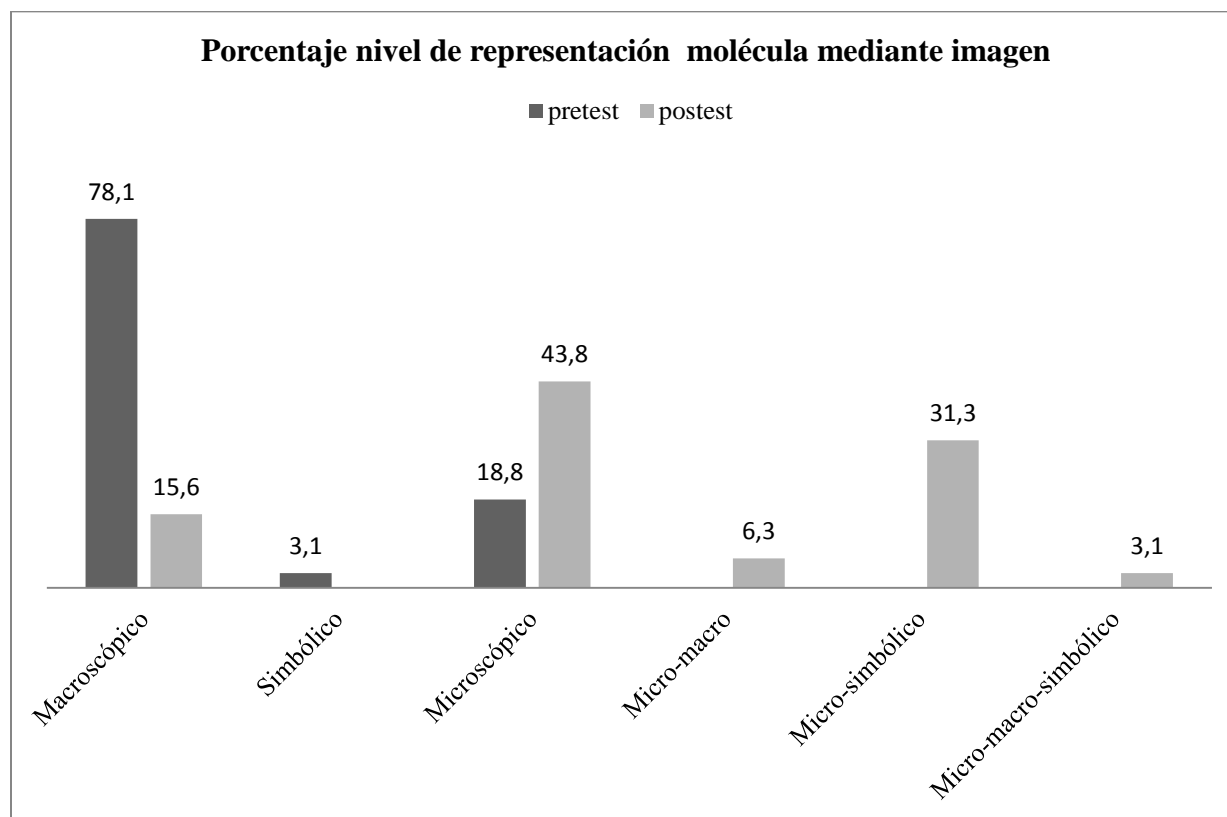


Elaboración propia.

Las diferencias de media entre el pretest y posttest se deben principalmente al cambio en el grupo del nivel de representación macroscópico por el nivel microscópico solo o combinado con el simbólico o el macroscópico. Esta modificación indica que los estudiantes están integrando niveles y esto es realmente importante para lograr la comprensión de los contenidos mediados. La interpretación de una imagen en los tres niveles es lo que le permite al experto

explicar y comprender los fenómenos químicos. La figura 37 presenta la frecuencia de respuesta entre el pretest y postest para el ítem 8.

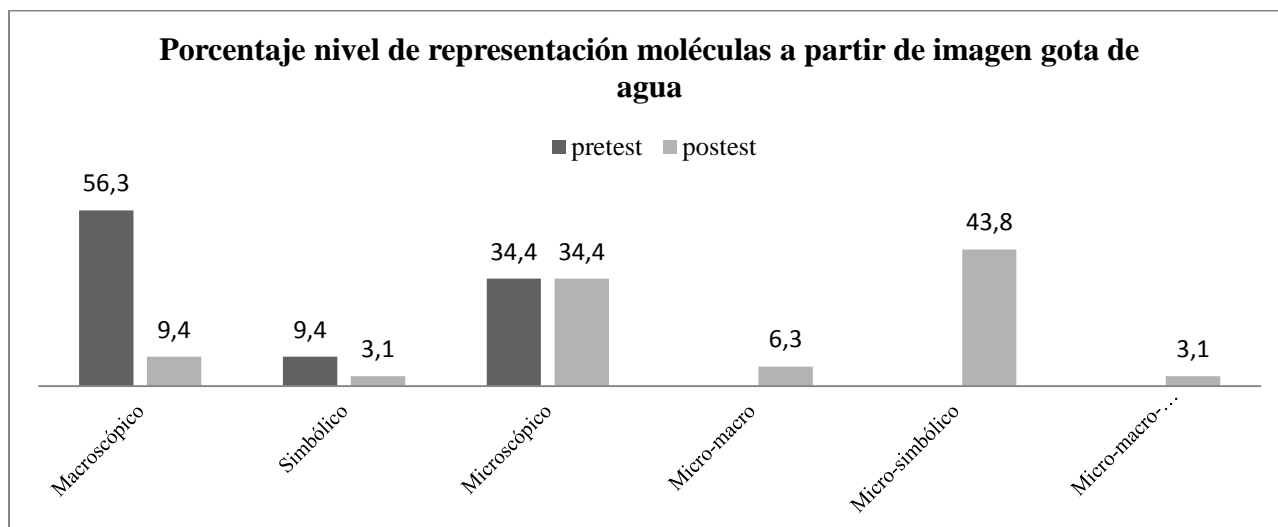
Figura 37. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 8.



Elaboración propia.

El grupo muestra una tendencia hacia el abandono del nivel de representación macroscópico y el uso del nivel de representación microscópico solo o combinado. Algunos estudiantes logran integrar los tres niveles representacionales; las diferencias en este ítem se deben principalmente al desuso del nivel macroscópico por parte de los estudiantes del grupo. Muy posiblemente, la mediación de contenidos permite a un gran número de estudiantes realizar esta transición. La figura 38 reúne las diferencias entre el pretest y postest del grupo control para el ítem 9.

Figura 38. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 9.

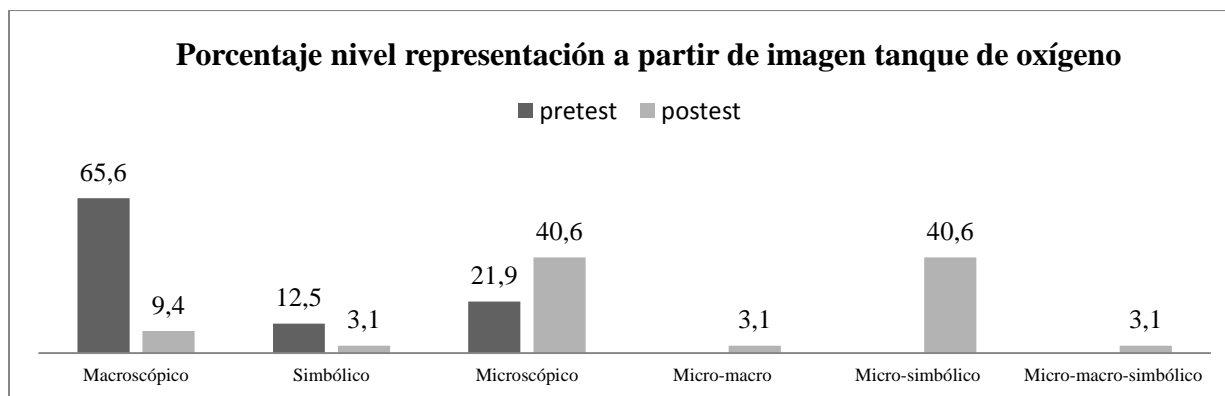


Elaboración propia.

El ítem 9 presenta un comportamiento similar al 8; una reducción considerable del nivel macroscópico y un aumento del nivel micro-simbólico. Solo se diferencia del ítem 8 en porque no hay un aumento en el nivel microscópico; permanece constante el número de estudiantes que lo utilizan. El mismo porcentaje de estudiantes que integran los tres niveles se mantiene. En comparación con la imagen utilizada en el ítem 8; la de la gota de agua parece ser una herramienta potente para lograr la integración de dos niveles.

La figura 39 muestra el porcentaje de los niveles utilizados por los estudiantes para indicar lo que verían a nivel microscópico en el interior de un tanque de oxígeno.

Figura 39. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 10.



Elaboración propia.

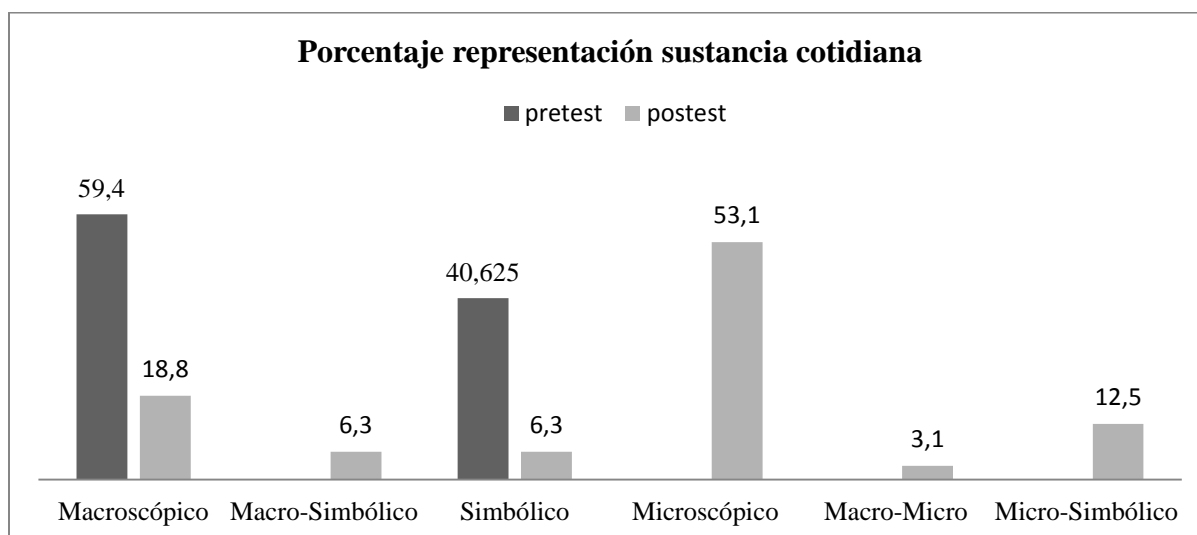
En el grupo se mantiene la misma tendencia presentada en los ítems 8 y 9. Disminución drástica de las representaciones macroscópicas y aumento considerable de los niveles microscópicos y micro-simbólicos. Sin embargo, las representaciones realizadas por los estudiantes dejan entre ver dificultad en la diferenciación entre átomo y molécula generada principalmente por las representaciones simbólicas. A continuación se presentan algunas repuestas a modo de ejemplo.

“es la molécula que tiene número atómico 8 y símbolo O” (GC10 postest)

“átomos de oxígeno” (GC10 postest)

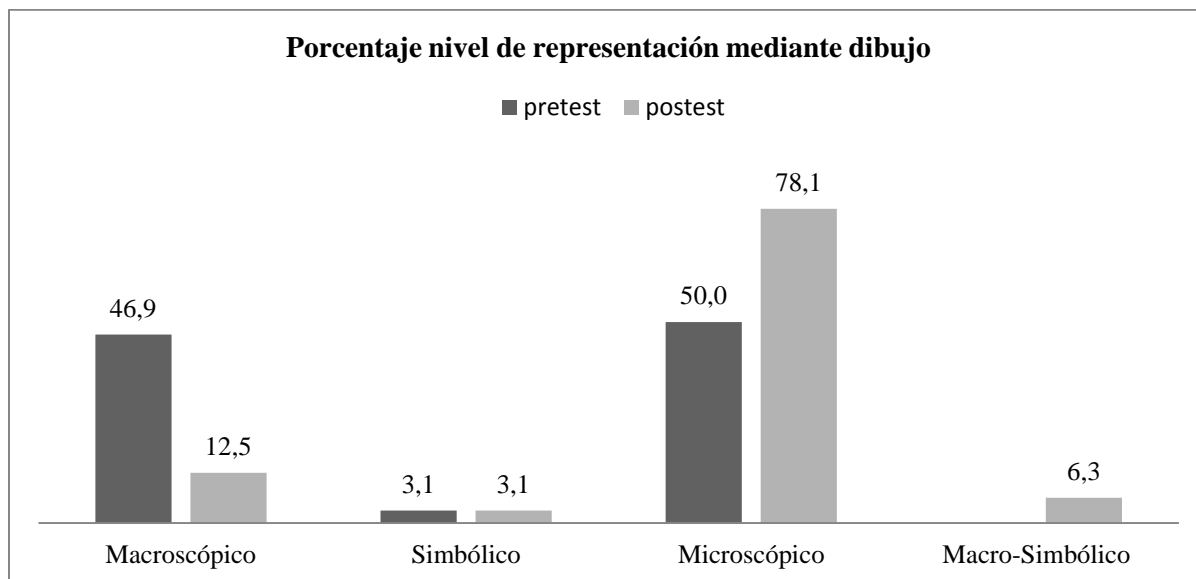
La figura 40 recoge la frecuencia de respuesta para el ítem 11.

Figura 40. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 11.



Elaboración propia

Las sustancias cotidianas tienden a ser representadas principalmente en los niveles macro y microscópico antes de la mediación de los contenidos. En el postest hay un cambio hacia el nivel de representación microscópico; para los estudiantes es fácil asumir la existencia de unas moléculas o átomos que conforman a las sustancias; sin embargo a ellas le atribuyen las propiedades de las sustancias; los estudiantes creen que estas partículas son dulces como el azúcar y que tienen el mismo color; estos mismo hechos han sido reportados por Nussbaum (1985), Berkheimer, Charles, Okhee & Theron (1988), Nicoll (2001), entre otros. La figura 41 muestra los resultados obtenidos para el ítem 12.

Figura 41. . Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 12.

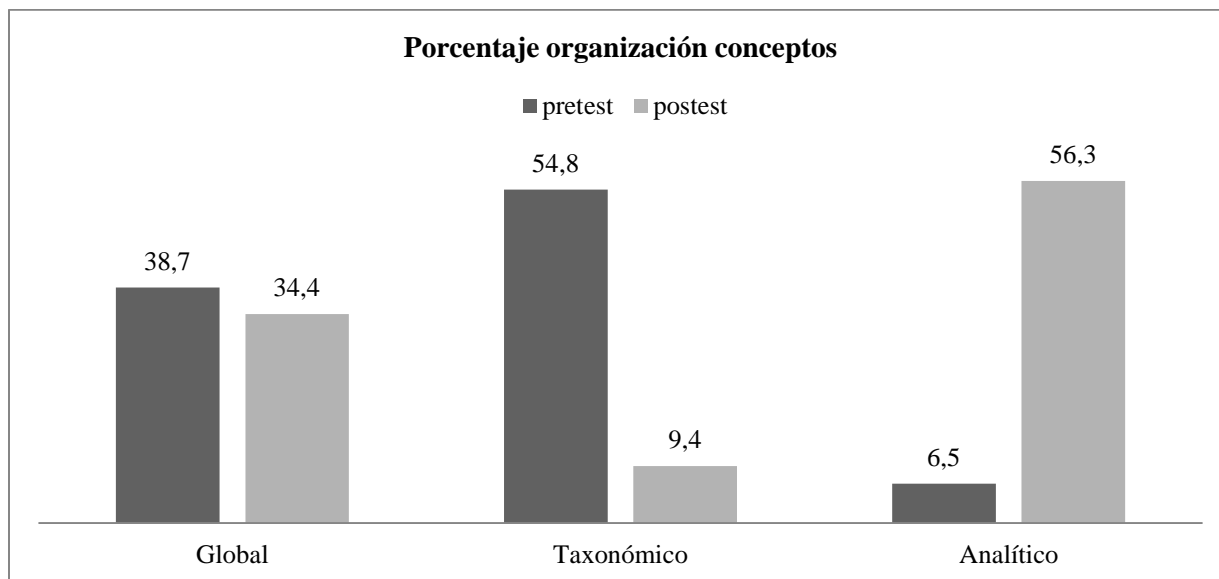
Elaboración propia

Tal vez uno de los ítems que mejor muestra la dificultad que encierra para un estudiante la representación de una sustancia es este. Se observa que hay un descenso de la representación en términos macroscópicos y que aun después de la intervención este se mantiene en un alto porcentaje (12,5%); se produce una mezcla entre el nivel macro-simbólico en el que el estudiante asume o piensa que la sustancia tiene los símbolos de los elementos o que los granos en su interior están llenos de bolas y palos que aluden más a un lenguaje simbólico que a una interpretación microscópica. A continuación se muestran algunas repuesta a modo de ejemplo.

“lo que vería en el grano de azúcar es CHO” (GC10 postest)

“Estaría viendo bolas negras y grises, que le dan el color blanquezo a la azúcar más grises que negras” (GC10 postest)

La figura 42 presenta los resultados obtenidos para el ítem 15. Este ítem hace referencia a la forma como el estudiante organiza una serie de conceptos relacionados con los átomos y las moléculas.

Figura 42. Diferencias grupo control décimo pretest y postest ítem 15.

Elaboración propia

El grupo presenta una tendencia hacia la organización taxonómica, hecho que favorece notablemente la transición hacia el tratamiento analítico de la información presentada. Los estudiantes que realizan una organización global se mantienen reacios a realizar la transición; esto por la demanda cognitiva que demanda este tipo de tarea. Gran parte de los estudiantes que realizan esquemas del tipo analítico provienen del porcentaje taxonómico.

De lo mostrado hasta el momento se puede concluir que:

Los ítems 1, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 15 mostraron diferencias significativas entre el pretest y postest en el grupo control.

Los ítem 1, 5 y 7 muestran evolución hacia niveles de representación más estables en lo relacionado a los átomos. Los estudiantes incluyen en sus respuestas palabras y formas más cercanas a los modelos científicos. La representación del átomo a partir de una imagen permitió evidenciar un cambio hacia niveles de representación micro y simbólico principalmente.

La representación de las moléculas a partir de imágenes muestra buenos avances en el grupo luego de la intervención. Sin embargo, se observan dificultades en la diferenciación de los átomos y las moléculas.

La representación de las moléculas a partir de sustancias cotidianas evidencia que a pesar de los avances, los estudiantes le atribuyen a los átomos y moléculas las propiedades macroscópicas de las sustancias.

La organización de conceptos se ve favorecida en el grupo porque en un alto porcentaje manejan algunos de los conceptos lo cual les permite hacer transición hacia la elaboración de esquemas analíticos.

Estadísticos descriptivos y prueba de Wilcoxon: grupo experimental pretest y postest grado décimo.

El anexo 10 muestra variaciones en las medias del grupo experimental del grado décimo. Los ítems que presentan un aumento en el valor de la media son: 1, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 18; mientras que el ítem 14 muestra una disminución en dicho valor. Lo anterior es un indicador de avance hacia niveles de representación de mayor potencia para el aprendizaje de la química y un posible declive en la representación de sustancias cotidianas. No obstante, mediante la prueba de U de Mann-Whitney se determinó en cuales de los ítems hubo variación significativa entre el grupo experimental y control.

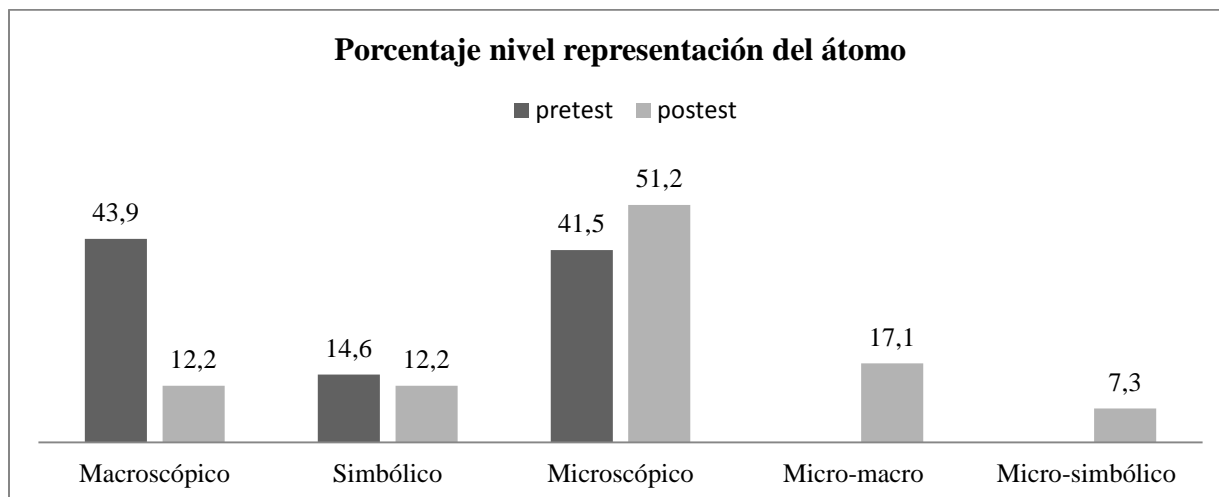
Prueba de Wilcoxon

El anexo 10 recoge los resultados de la prueba estadística y el nivel significancia de la prueba para los ítems en los cuales $P \leq 0,05$. De los dieciocho ítems que presentaba el instrumento once de ellos presentaron diferencias significativas en el nivel de representación en el grupo experimental.

A continuación se presenta un análisis de frecuencias de los ítems que presentaron diferencias significativas entre las aplicaciones para tener un panorama acerca de los cambios que se presentaron en este grupo.

En 9 de los 11 ítems que tuvieron diferencias significativas hubo coincidencia con el grupo control. Solo los ítems 13, 14 y 18 no coincidieron en diferencias significativas con el grupo control. El nivel de representación del átomo mediante el uso de palabras tuvo variación en ambos grupos; la figura 43 muestra el comportamiento de este ítem para el grupo experimental

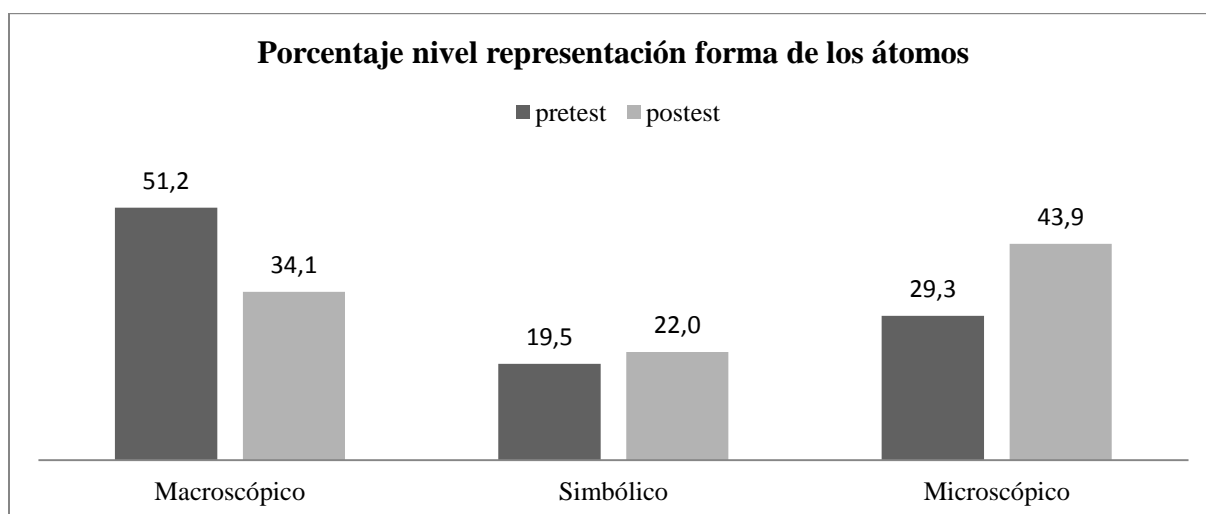
Figura 43. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 1.



Elaboración propia.

Los estudiantes de este grupo presentan niveles de representación micro y macro principalmente antes de la intervención. Se observa incremento de las representaciones microscópicas luego de la participación; comparado con el grupo control el nivel simbólico tiende a disminuir. Aparece el nivel micro-simbólico que no aparece en el grupo control y el nivel micro-macro es menor en el grupo experimental. Lo anterior indica que la estrategia de *múltiple representación* tuvo un impacto favorable sobre este grupo; esto explica la variación en la media. La figura 44 reúne el comportamiento del ítem 5.

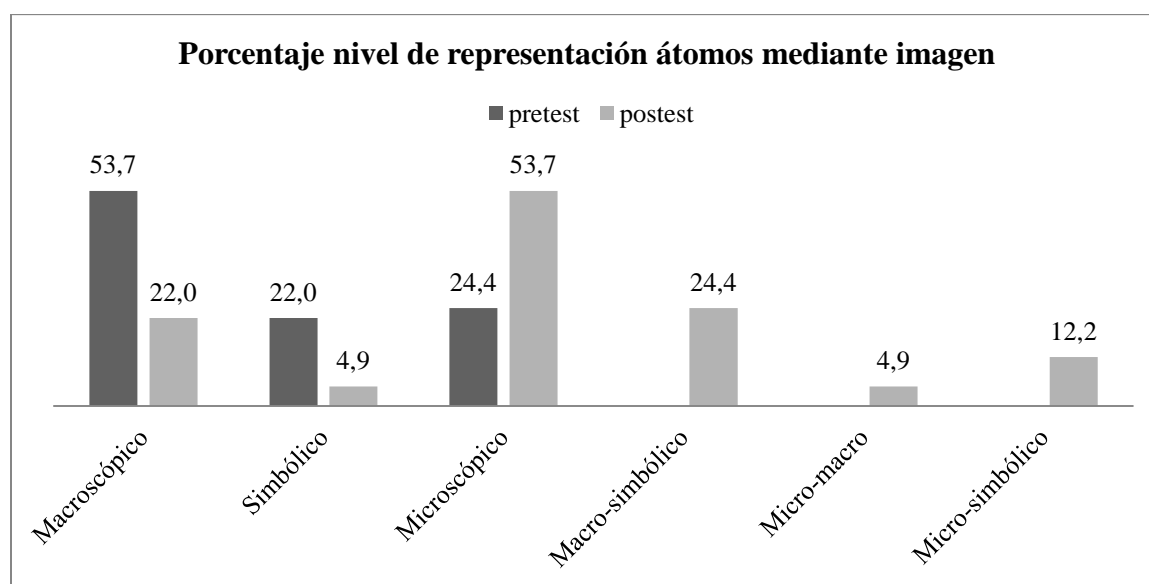
Figura 44. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 5.



Elaboración propia

Hay una disminución en el nivel macroscópico pero no en igual proporción como ocurre en el grupo control. Hay un aumento por el uso de los niveles microscópico y simbólico pero no con la misma tendencia que se da en el control. La variación que se da es principalmente por el aumento en la utilización de formas pertenecientes al mundo microscópico. Una posible explicación a la variación en este ítem puede deberse a las diferencias en el número de integrantes de cada uno de los grupos ($N_{\text{cont}}=32$ y $N_{\text{exp}}=41$). La figura 45 presenta la frecuencia de respuesta para el ítem 7.

Figura 45. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 7.



Elaboración propia.

En el ítem 7 se observa un aumento importante del nivel microscópico; el nivel micro-macro es menor comparado con el grupo control. Aparece el nivel macro-simbólico que no aparece en el control; de igual manera hay un pequeño porcentaje de estudiantes que hacen uso del nivel simbólico lo que no sucedía en el grupo de comprobación. En parte las diferencias encontradas en este grupo se deben a lo mencionado anteriormente.

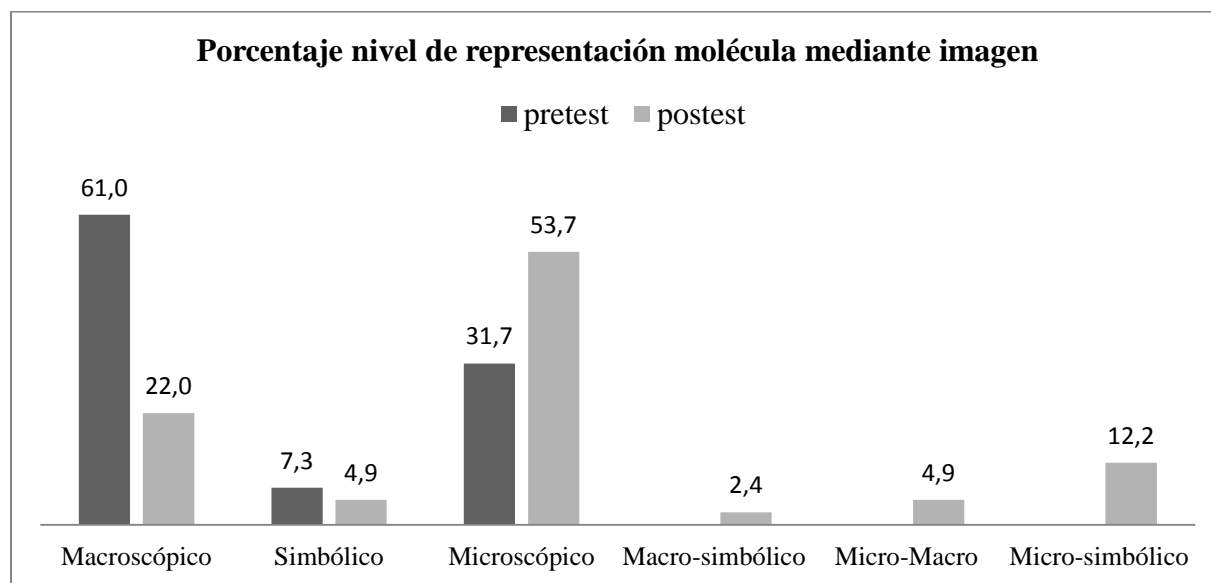
La representación de las moléculas mediante el uso de imágenes se presenta en la figura 46, se evidencia una disminución del nivel macroscópico y un aumento del nivel microscópico. El nivel micro-simbólico está por debajo del porcentaje en el grupo control; los demás niveles guardan similar comportamiento con el grupo de referencia. Las imágenes han suscitado en ese grupo el uso del nivel macro-simbólico; este nivel es el paso que da el sujeto para acceder a la representación simbólica; pero como se mencionó en análisis anteriores; puede generar errores

pues el estudiante tiende a asumir que dentro de las sustancias hay símbolos, las siguientes respuestas sirven de ejemplo.

“No podría respirar por el humo y por el CO₂ de la combustión” (GE10 postest)

“Es tóxico y sale CO₂” (GE10 postest).

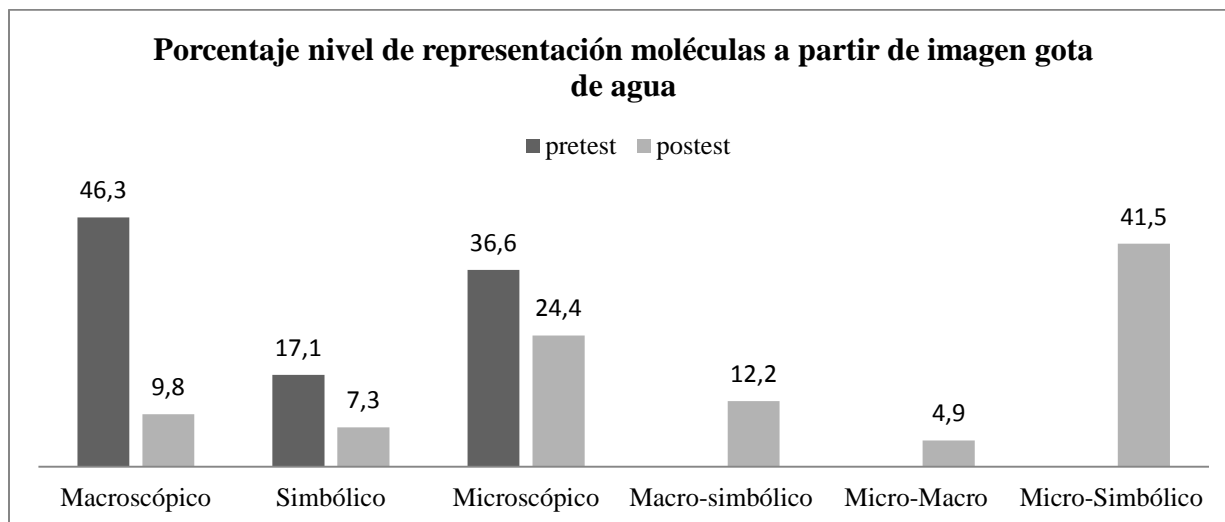
Figura 46. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 8.



Elaboración propia

El ítem 9 presenta diferencias significativas ($p=0,000$); la imagen de una gota de agua logró en los estudiantes de este grupo la movilidad hacia niveles de representación más cercanos a los consensuados científicamente. La figura 47 muestra una tendencia hacia el uso del nivel micro-simbólico principalmente y reducción de los niveles macroscópico, simbólico y microscópico. La presencia del nivel macro-simbólico se da en mayor proporción comparada con el grupo control; esto explicaría las diferencias presentadas entre las dos mediciones realizadas.

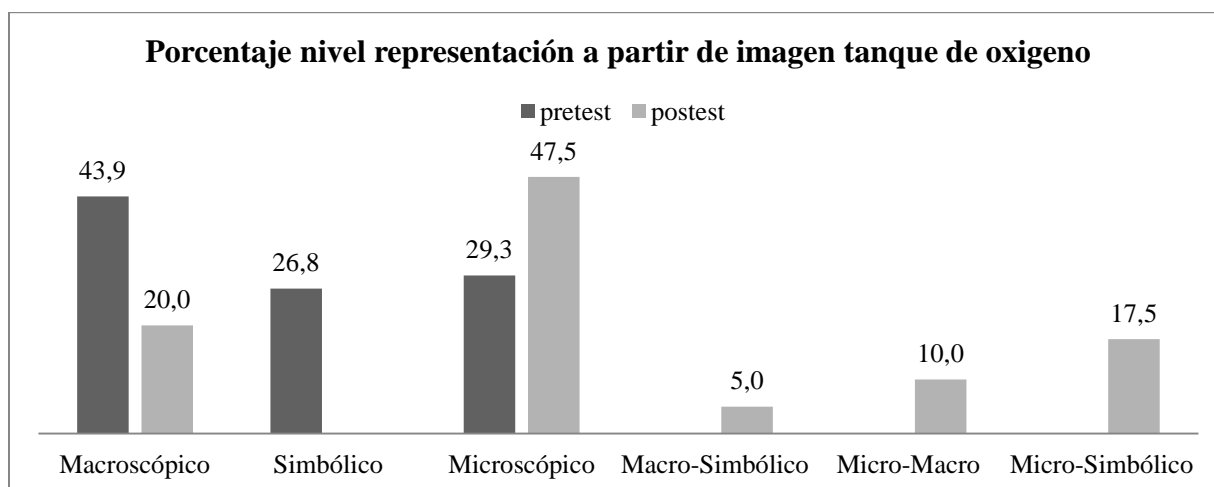
Figura 47. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 9.



Elaboración propia

La figura 48 presenta las diferencias entre el pretest y postest del ítem 10. Los estudiantes del grupo muestran una reducción en el nivel simbólico y macroscópico; hay un aumento considerable en el nivel microscópico y un porcentaje importante (17,5%) de sujetos que integran el nivel microscópico y simbólico. Al comparar con el grupo control se observa que el nivel micro-simbólico fue mayor en este que en el experimental. Las diferencias en este ítem se deben principalmente al cambio representacional y a la reducción de los niveles menos deseables como el macroscópico.

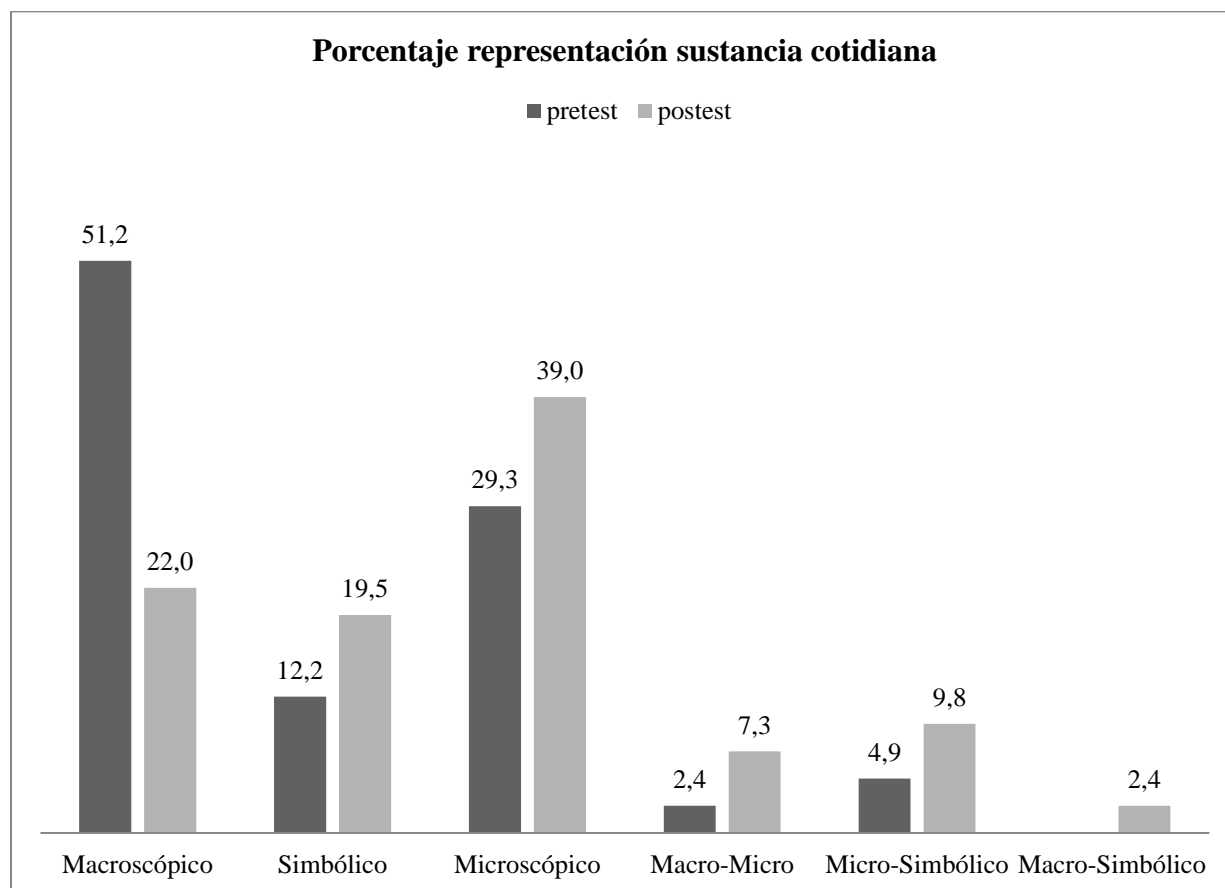
Figura 48. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 10.



Elaboración propia

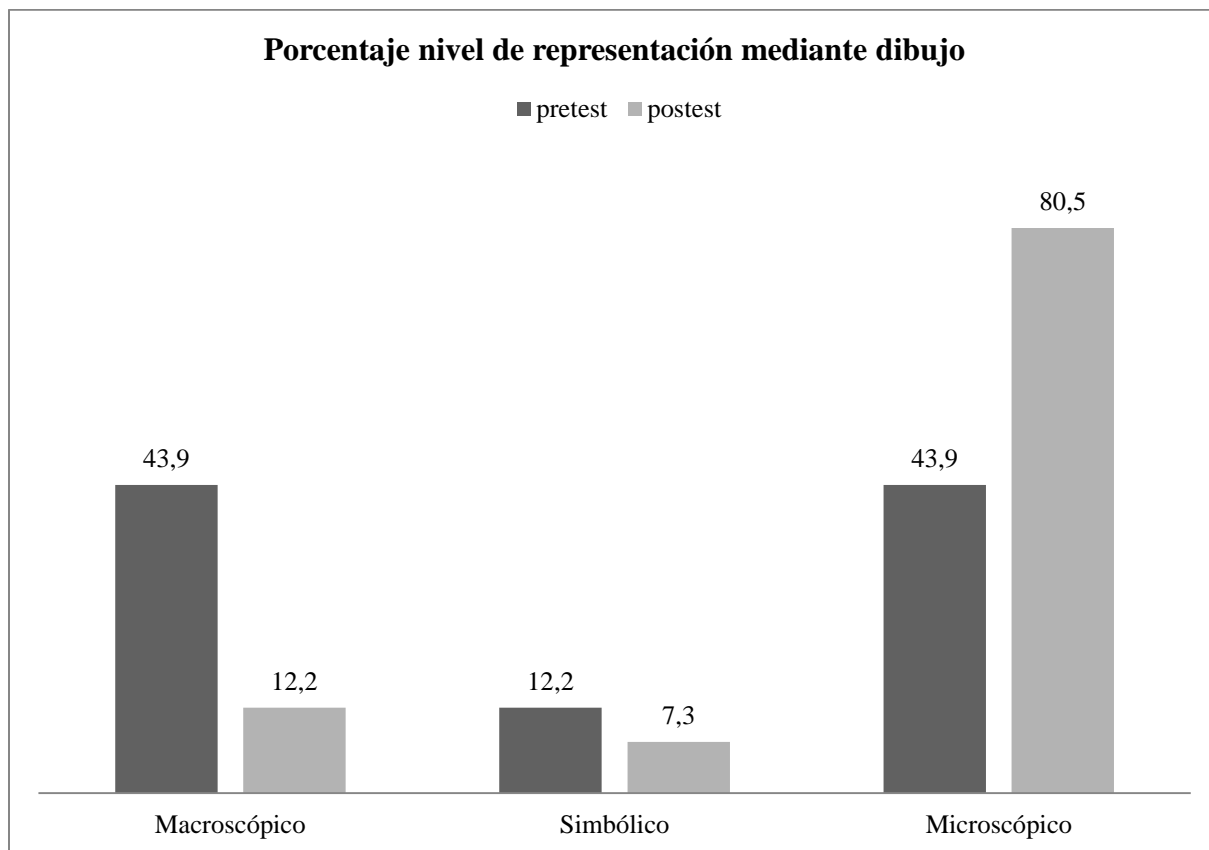
Los ítem 11,12 y 13 se relacionan con la representación de una sustancia cotidiana como el azúcar; en estos se estableció que existen diferencias significativas en el grupo experimental. La figura 49 recoge el comportamiento del ítem 11 en el grupo.

Figura 49. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 11.



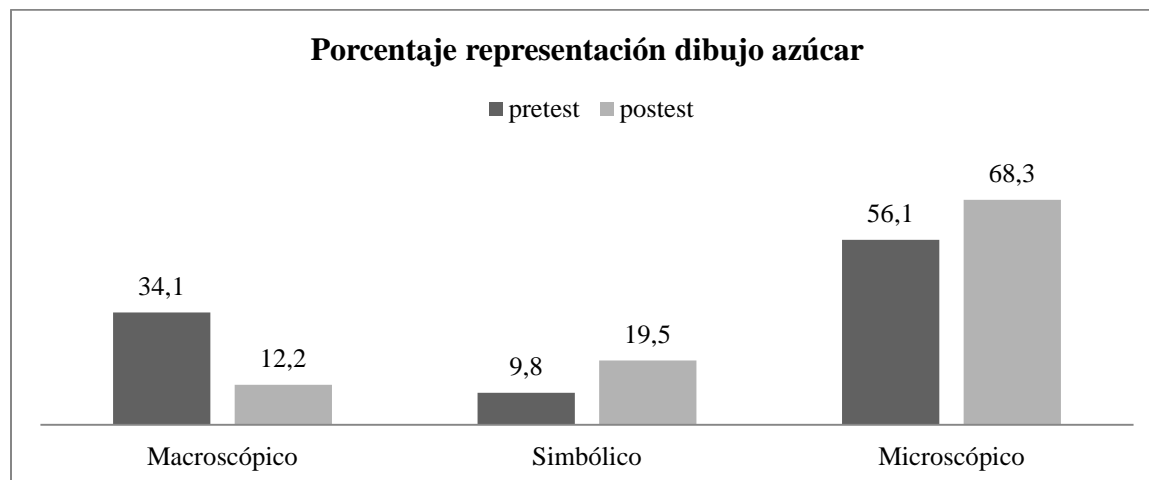
Elaboración propia.

Se observa una disminución en el nivel macroscópico, hecho que también ocurre en el grupo control. Los niveles microscópico y simbólico crecen en el grupo mientras que en el control este último disminuye. No se logra la misma movilización de los sujetos hacia el nivel micro como se dio en el control. El nivel micro-simbólico aparece mientras que en el grupo de referencia no existe. Las diferencias observadas permiten inferir que las variaciones no se deban directamente a la estrategia implementada. La figura 50 recoge los resultados para el ítem 12.

Figura 50. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 12.

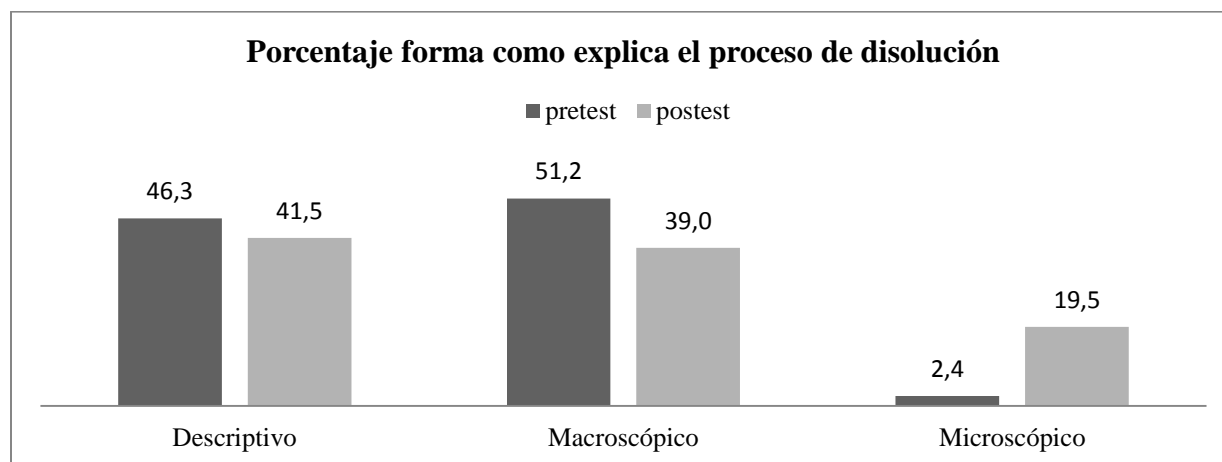
Elaboración propia

Los dibujos realizados por los estudiantes de la sustancia cotidiana muestran un incremento notable del nivel microscópico; es decir los estudiantes se hacen más conscientes que las sustancias contienen átomos y moléculas; su representación principalmente se hace a través de puntos en los que se especifica a que se hace alusión. Al comparar los resultados con el grupo control se encuentra que hay una reducción del nivel simbólico y macro-simbólico. El grupo control tiene una tendencia parecida al grupo experimental aunque en este ítem parece ser más eficientes las transformaciones dado el porcentaje de los niveles manejados por los estudiantes. La figura 51 recoge los resultados del ítem 13.

Figura 51. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 13.

Elaboración propia.

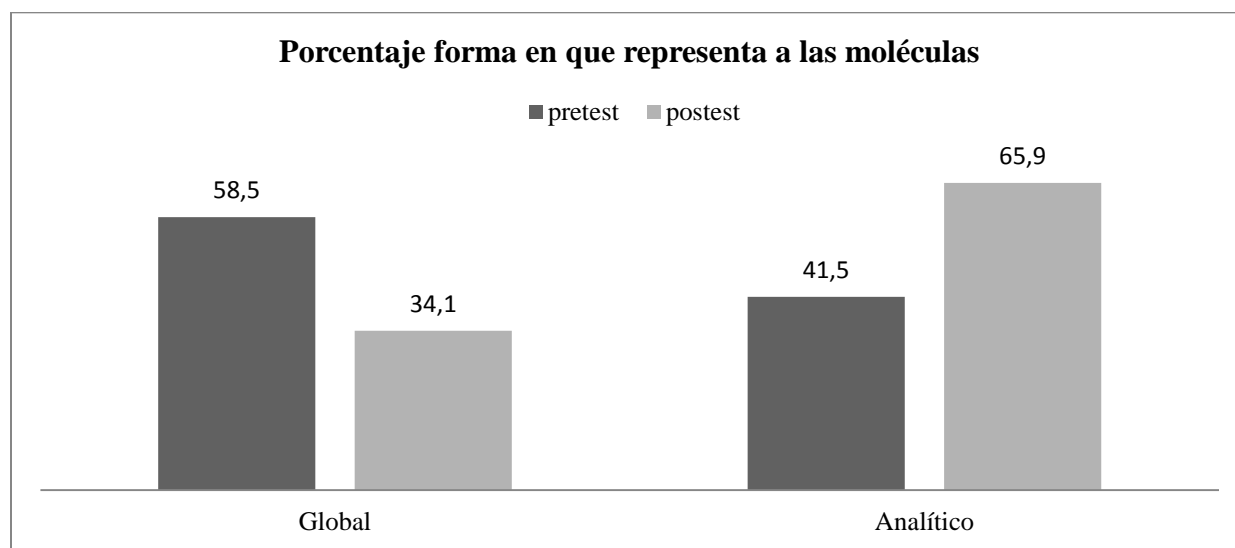
Existe una disminución del nivel macroscópico y un aumento de los niveles micro y simbólico. En el grupo control no hay variación del nivel macro y su porcentaje es muy bajo comparado con el experimental (6,3%); los sujetos de este grupo prefieren representar la sustancia mediante el uso de la fórmula aprendida ($C_{12}H_{22}O_{11}$) o mencionando los elementos constituyentes; lo cual genera que se reduzca el nivel microscópico. En cambio, el grupo experimental realiza unas representaciones más adecuadas haciendo uso de símbolos que especifican a los átomos y las moléculas. Se considera que en este ítem la propuesta tuvo un efecto positivo si se evalúan el acercamiento de las respuestas a los consensos científicos. La figura 52 recoge los resultados para el ítem 14.

Figura 52. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 14.

Elaboración propia

Explicar un fenómeno como el de disolución requiere que el estudiante maneje o integre dos o más niveles representacionales; En este ítem se encuentra que tanto en el grupo control y experimental un gran número de estudiantes ni siquiera utilizan un nivel para representar el fenómeno; se limitan hacer una descripción del fenómeno sin indicar el cambio que se da. La estrategia de *múltiple representación en química* permitió generar representaciones a nivel microscópico y disminuir parcialmente la mera descripción del fenómeno; mientras que en el grupo control la descripción del fenómeno tiende a incrementarse y es muy bajo el porcentaje del nivel microscópico (3,4%). La figura 53 muestra la frecuencia de respuesta para el ítem 18.

Figura 53. Diferencias grupo experimental décimo pretest y postest ítem 18.



Elaboración propia

Al inicio de la intervención los estudiantes representaban a las moléculas sin indicar ni siquiera sus constituyentes y representaban a los átomos y las moléculas indiferenciadamente. El grupo muestra una reducción por el uso de formas globales para representar a las moléculas aumentando considerablemente el uso de símbolos o convenciones para diferenciar sus constituyentes. A pesar de que en el grupo control también hay variación esta no es tan marcada como la que se evidencia en el grupo experimental; por ello se le atribuye estas diferencias a la estrategia implementada.

De acuerdo a lo planteado hasta el momento se concluye que, Hay diferencias significativas entre el pretest y posttest de los grupos control y experimental en algunos de los ítems; coincidiendo en 7 de ellos en ambos grupos (1, 7, 8, 9, 10, 11 y 12)

Al comparar las variaciones entre los grupos se observa que hay una tendencia similar; utilización de niveles microscópicos y simbólicos puros o mezclados; gran parte de ellos con un mayor porcentaje en el grupo experimental siendo los ítems 1, 7 y 8 quienes mayor efecto muestran por la implementación de la estrategia de *múltiple representación*.

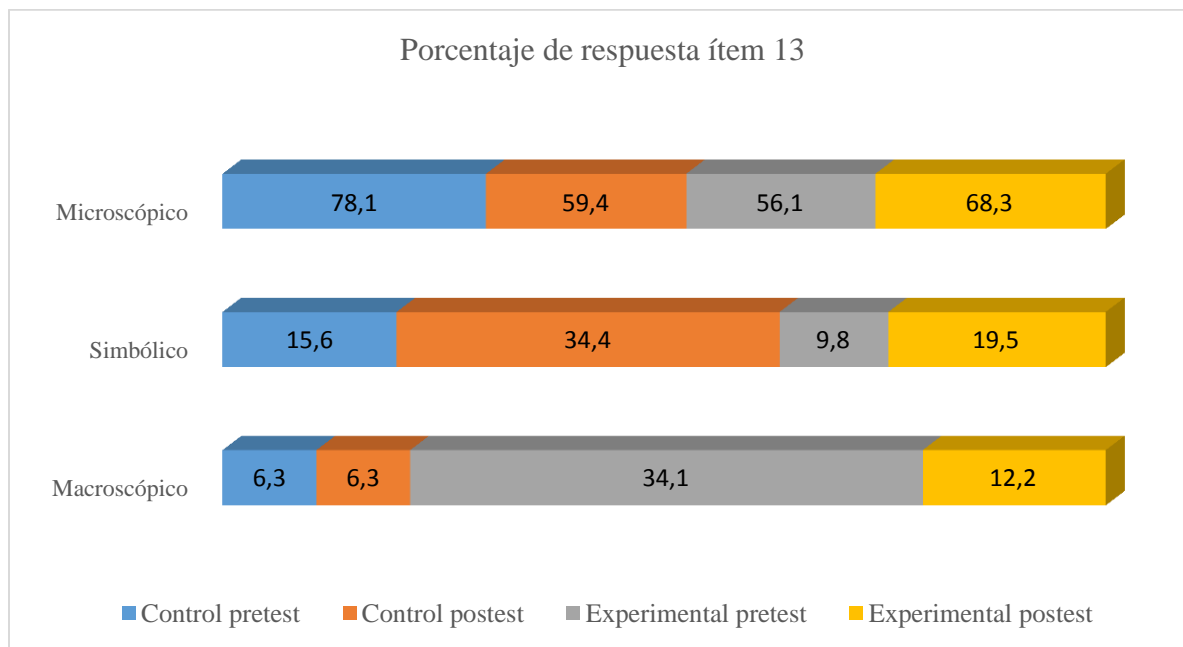
Hay una mejora en la calidad de las representaciones de los estudiantes en el grupo experimental reflejada en una mejor comprensión de los objetos a representar; de estos el ítem 18 refleja un avance en la representación de las moléculas.

Los estudiantes presentan mayor dificultad en la representación de los fenómenos; en donde resulta alarmante que opten por una descripción general y no haya compromiso por un nivel específico. La propuesta implementada en el grupo experimental logro movilizar a un número de estudiantes al uso del nivel microscópico como forma de explicación.

Prueba U de Mann-Whitney: diferencias entre el grupo control y experimental de grado décimo pretest.

Esta prueba contrasta la mediana de dos grupos independientes con libre distribución. Se busca determinar si las diferencias entre el control y experimental en alguno de los ítems se debe a la implementación de la estrategia de *múltiple representación en química* comparando el estado inicial y final de los grupos. El anexo 11 muestra que antes de la intervención habían diferencias significativas en algunos ítems; por ello se profundizara en este aspecto para determinar las posibles variaciones suscitadas luego de la intervención. Seguidamente, se presentan las diferencias significativas en el postest para establecer los efectos positivos o negativos entre los grupos.

Se observan diferencias en el pretest en el ítem 13, en los demás ítems no hay diferencias significativas; hecho importante si se tiene en cuenta que lo que busca este estudio es determinar el impacto de la estrategia *múltiple representación en química*. A continuación se muestra las diferencias entre los grupos; la figura 54 presenta las frecuencias para este ítem

Figura 54. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 13.

Elaboración propia

El nivel macroscópico en el grupo control es bastante bajo; apenas el 6,3% realizan la representación de la sustancia cotidiana en este nivel. En cambio, en el grupo experimental el uso de este nivel es bastante mayor. Los resultados del postest muestran que no hay modificación del nivel macroscópico en el grupo control; pero en el grupo experimental dicho nivel se reduce. En el grupo control disminuye la representación microscópica y aumenta el nivel simbólico; esto indicaría que los alumnos prefieren escribir la fórmula o composición de la sustancia mediante el uso de símbolos mientras que el grupo experimental representa a la sustancia mediante el uso de moléculas y átomos. El nivel simbólico es importante en química pero lo es aún más la representación microscópica; por ello se puede decir que, el grupo experimental se ve favorecido por la implementación de la estrategia logrando niveles de representación más altos.

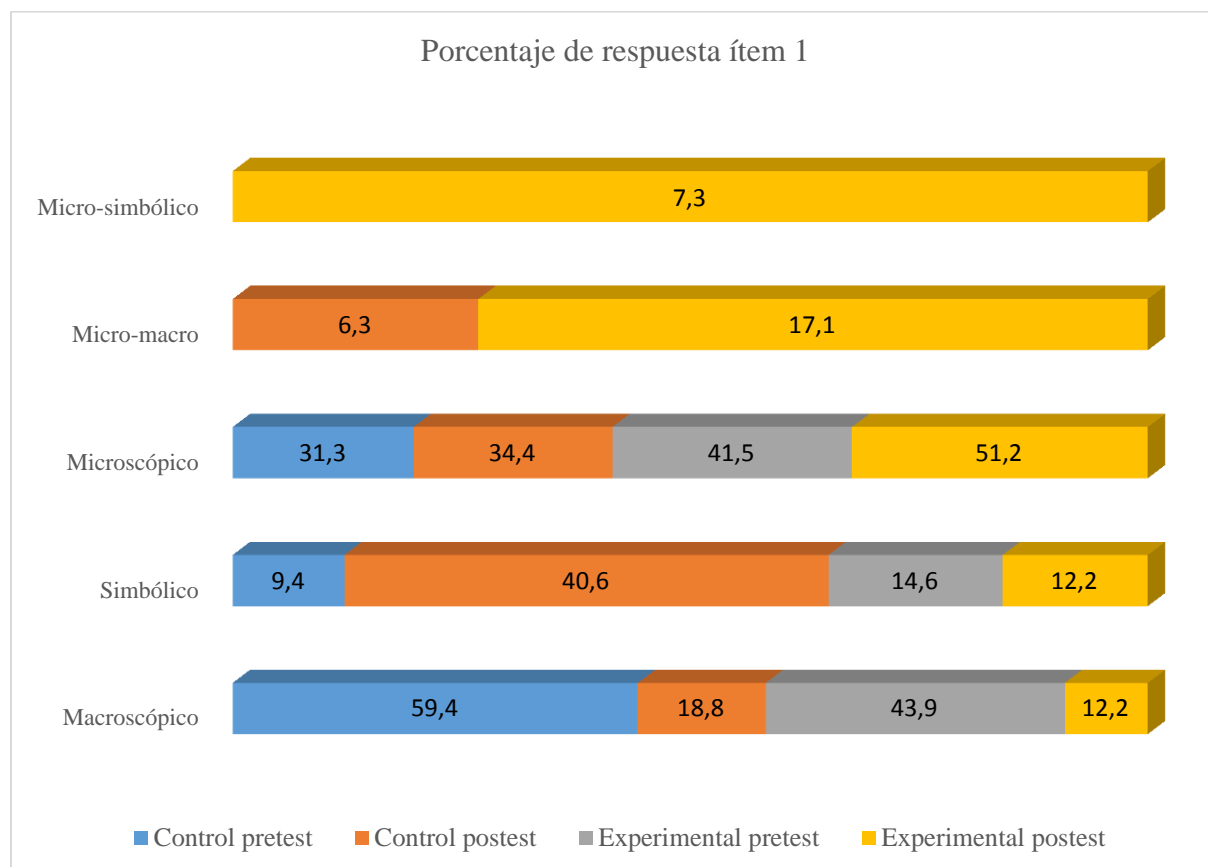
Prueba U de Mann-Whitney: diferencias entre el grupo control y experimental de grado décimo postest.

El postest muestra diferencias significativas en los ítems 1, 2, 7, 8, 10 y 17. Cuatro de estos ítems identifican el modo en el que los estudiantes representan a las moléculas (2, 8 y 10).

Las preguntas 1, 7 y 17 determinan las representaciones acerca de los átomos. A continuación se analiza el comportamiento de estos ítems entre los grupos.

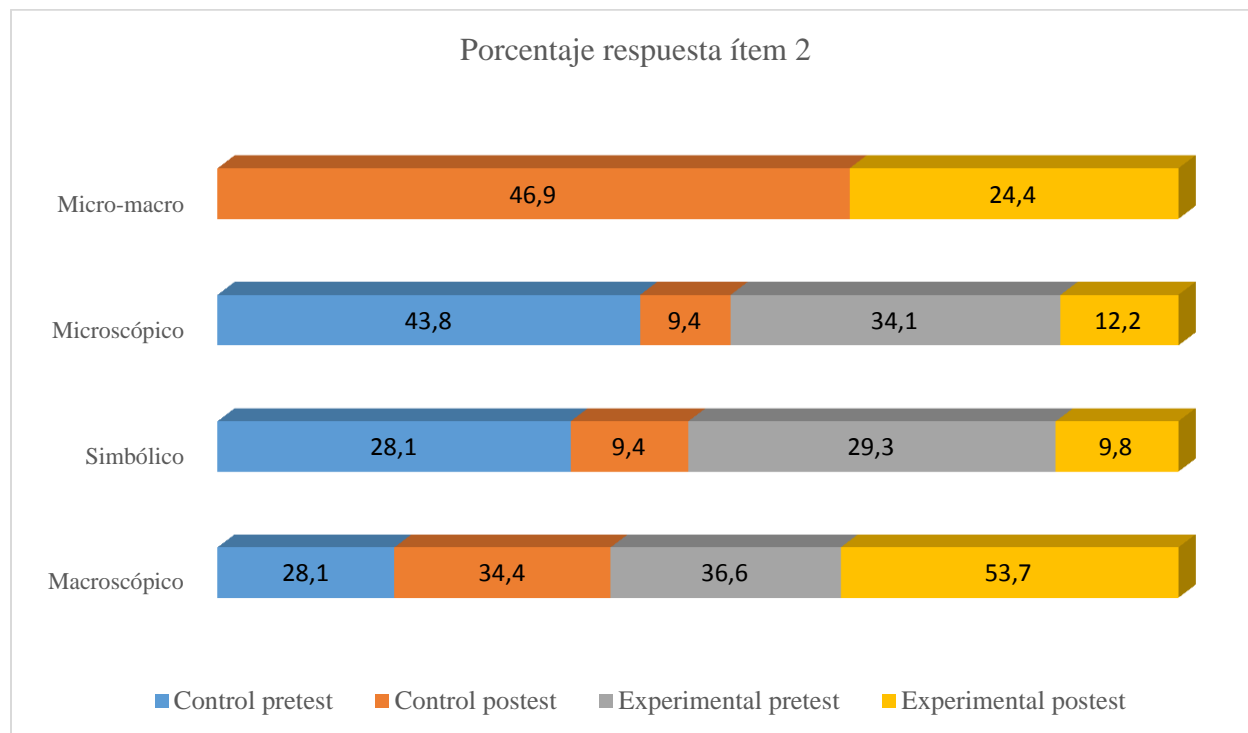
La pregunta ítem indaga acerca de las palabras que llegan a la mente cuando se escucha la palabra átomo. La figura 55 reúne los porcentajes de respuesta para los grupos.

Figura 55. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 1.



Elaboración propia

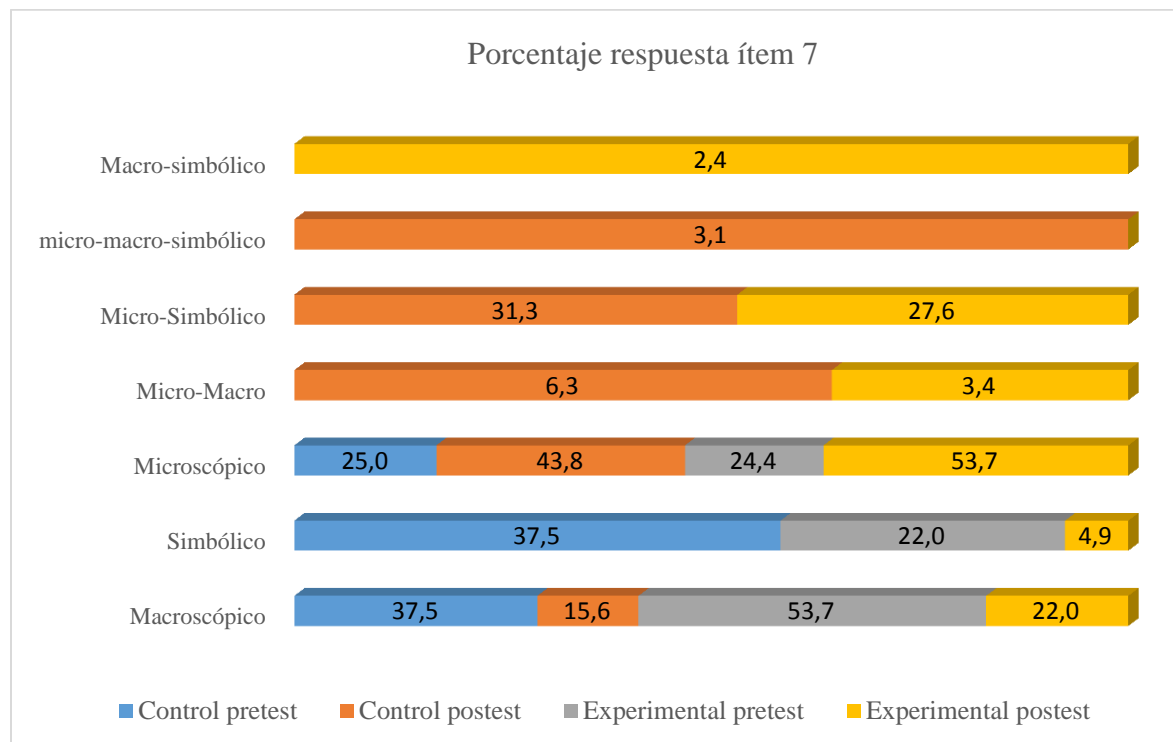
Los grupos exhiben comportamiento similar en los niveles representacionales macroscópico y microscópico. Hay una notable diferencia en el nivel simbólico a favor del grupo control; su porcentaje aumenta entre las dos mediciones. Se observa que, en el grupo experimental hay mayor integración de dos niveles, especialmente el micro-macro y micro simbólico; lo que hace suponer que la estrategia implementada motivó dicha incorporación; pero la variación se da por las diferencias en el nivel simbólico a favor del grupo control. La figura 56 recoge los resultados para el ítem 2.

Figura 56. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 2.

Elaboración propia

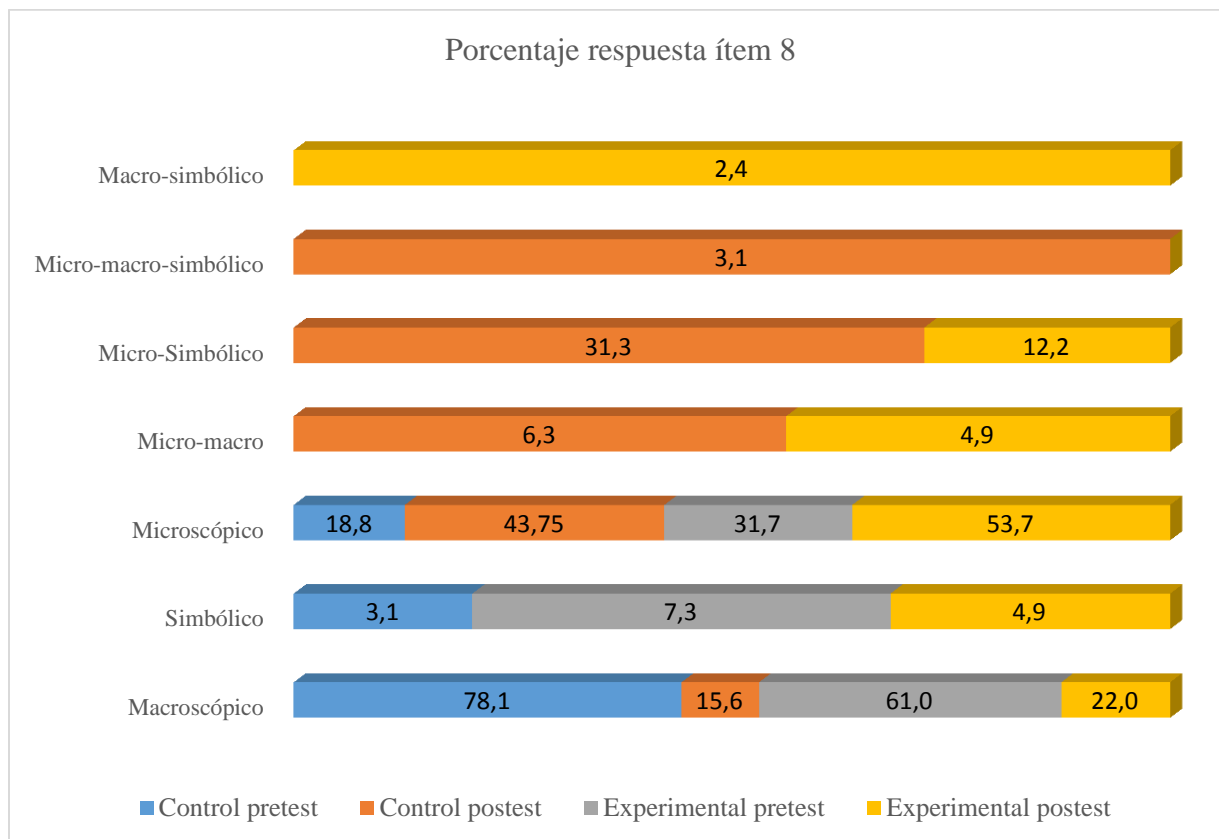
En los estudiantes del grupo control y experimental se eleva el uso del nivel macroscópico, siendo mayor en el experimental. Los niveles simbólico y microscópico tienen un descenso en ambos grupos; el empleo del nivel micro-macro se da en mayor proporción en el grupo control; esto hace presumir que la estrategia de *múltiple representación en química* imposibilita la movilidad de los estudiantes hacia el nivel micro-macro. La posible razón a este comportamiento es porque los estudiantes del grupo experimental han hecho de los análogos (bolas, palos, círculos) una forma simple para pensar en las moléculas o asumen las moléculas solo como constituyentes del cuerpo humano negando su existencia en la materia circundante. De acuerdo con Hannah, Courtney, Szteinberg, Brenes, & Arce, (2015) los modelos actuales de la materia son difíciles de comprender, por ello los sujetos utilizan patrones para poder razonar frente a los objetos; por ello no es extraño que el estudiante le atribuya a las moléculas un patrón relacionado con la apariencia y uso de las moléculas según el contexto en donde las haya escuchado. Se concluye entonces que la diferencia en este ítem favorece al grupo control y desfavorece notablemente al grupo experimental. La figura 57 presenta los resultados para el ítem 7.

Figura 57. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 7.



Elaboración propia

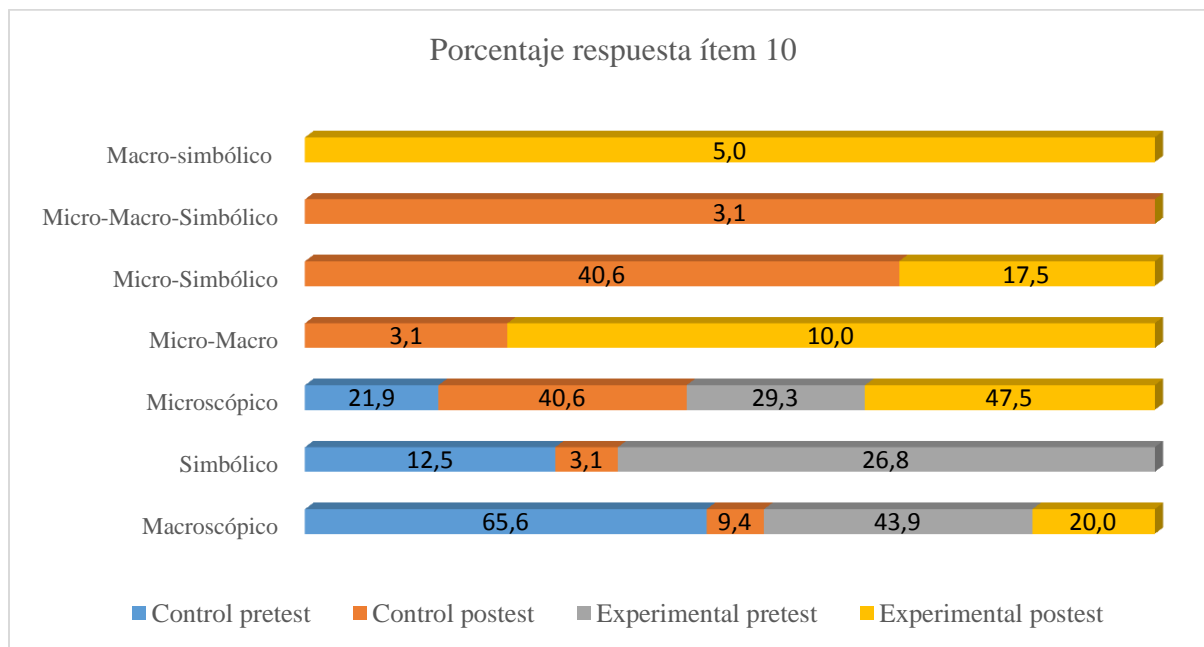
Los resultados del grupo control son mejores comparados con el experimental. El nivel macroscópico desciende en ambos grupos; siendo el experimental el que mayor número de estudiante presentaba en el pretest en este nivel. El nivel simbólico se reduce en ambos grupos luego de la intervención mientras que, el nivel microscópico aumenta en ambos grupos siendo mayor su porcentaje en el experimental. Las mezclas entre dos o más niveles se dan en ambos grupos; siendo el control el que presenta por lo menos un estudiante que logra integrar los tres. Se concluye que, la estrategia permite movilizar mayor número de estudiantes al nivel microscópico cuando de representar a los átomos se trata. La figura 58 muestra el comportamiento del ítem 8.

Figura 58. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 8.

Elaboración propia.

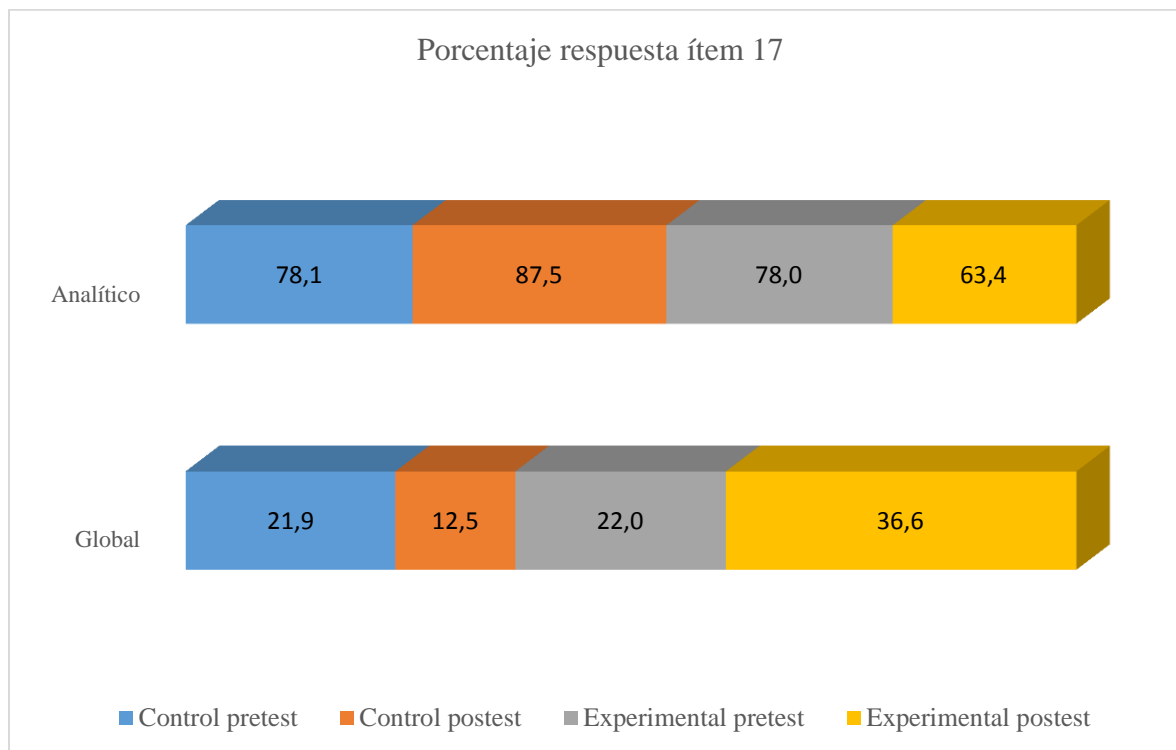
Las diferencias significativas se dan a favor del grupo control. En ambos grupos disminuye notablemente el nivel macroscópico y aumenta el uso del nivel microscópico; las interacciones entre niveles se logran en mayor porcentaje en el grupo control. Por lo tanto se concluye que, el grupo control presentó mejor desenvolvimiento en la representación de las moléculas a partir de imagen. En términos cualitativos la estrategia implementada moviliza en mayor medida el nivel microscópico en el grupo experimental. La figura 59 recoge los resultados del ítem 10.

Figura 59. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 10.



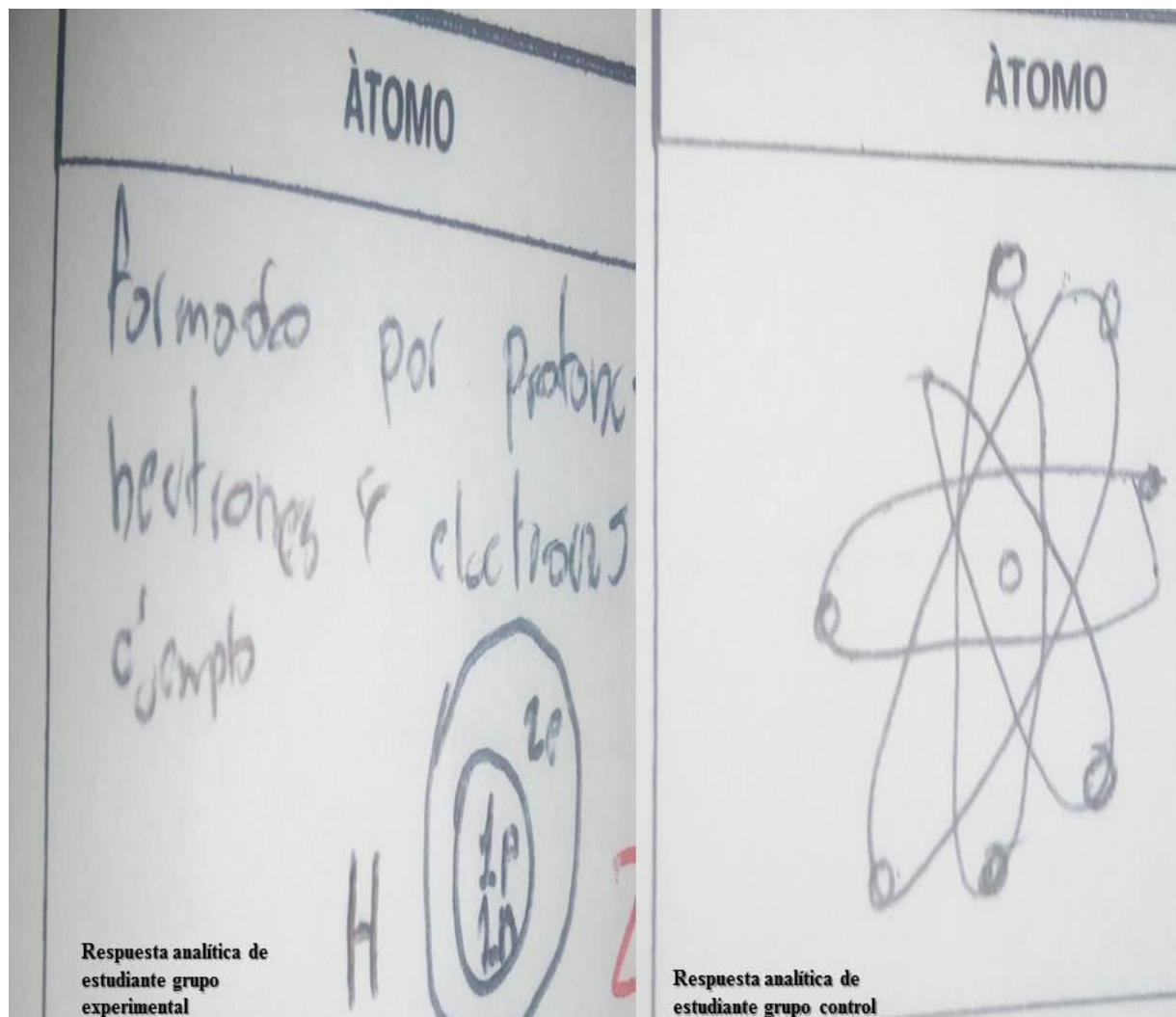
Elaboración propia

Los estudiantes del grupo control muestran mayor uso del nivel macroscópico en el pretest, el cual se ve disminuido luego de la intervención; este mismo hecho sucede en el grupo experimental pero el decrecimiento es menor. Hay un aumento en el grupo experimental y control en el nivel microscópico; pero las diferencias se dan a favor del grupo control. En parte la estrategia mejora el desenvolvimiento de los estudiantes pero no en la misma proporción en que lo hace el control. Se concluye que el impacto de la estrategia es reducido dado el comportamiento del grupo de referencia. La figura 60 muestra los resultados para el ítem 17.

Figura 60. Diferencias grupo experimental y control décimo pretest-postest ítem 17.

Elaboración propia

En el grupo control hay un mejor desempeño en la representación del átomo indicando cada uno de los componentes; pues se eleva la organización analítica y disminuye la global. Por el contrario, el grupo experimental muestra una reducción en la forma analítica de organizar los constituyentes del átomo y un aumento considerable en la representación global; sin embargo las respuestas del grupo experimental presentan menos errores que las del grupo control; por lo tanto se concluye que a pesar de la proyección del grupo control hacia la elaboración de imágenes que contienen los constituyentes del átomo; las realizadas en el grupo experimental son más cercanas a lo consensuado por la comunidad científica. A continuación se presentan las respuestas de dos estudiantes una del grupo experimental y otra del grupo control que fueron catalogadas bajo la etiqueta analítica.

Figura 61. Diferencias de respuestas grupo experimental y control ítem 17.

Fuente: Test de niveles representación atómico-molecular versión 2.

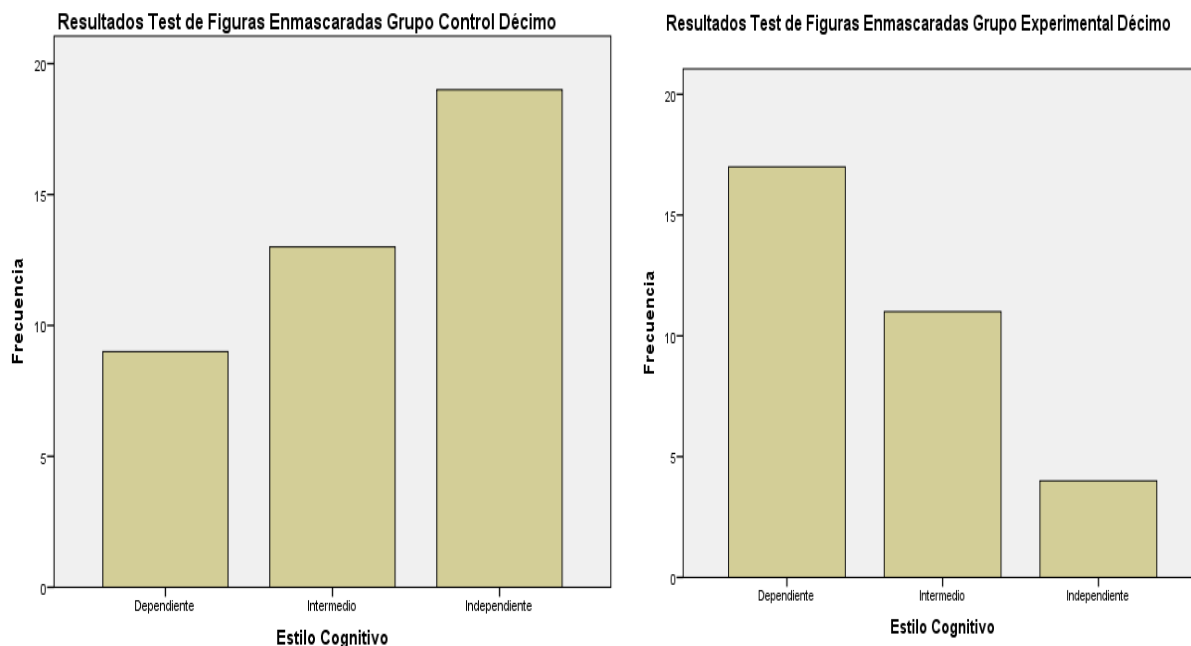
Ambas respuestas presentan de forma clara los constituyentes del átomo (electrones, protones o neutrones) pero la primera presenta (izquierda) elementos más cercanos a las representaciones consensuadas científicamente; por ello a pesar de que las diferencias encontradas favorecen estadísticamente al grupo control; el grupo experimental exhibe respuestas más elaboradas y de mejor calidad gracias a la implementación de la estrategia de *múltiple representación en química*. Se procede a analizar las respuestas que tuvieron significancia con la variable estilo cognitivo.

Prueba de Kruskal-Wallis: niveles de representación en grado décimo y relación con el estilo cognitivo en la dimensión DIC.

Estilo cognitivo

En los grados décimos el puntaje mínimo fue de 2 y el máximo de 45 con una media 25, 12 y una desviación estándar de 10,365. Los estudiantes que puntuaron en el test entre 12 y 30 fueron catalogados como intermedios. Los sujetos que puntúan por debajo de 12 se denominaron Dependientes y por encima de 31 como Independientes de Campo. Los resultados de los GC10 y GE10 referentes a la distribución según su estilo cognitivo se muestran en la figura 62.

Figura 62. Resultados para el Test de figuras enmascaradas EFT de los GC6 y GE6.



Elaboración propia

Prueba de Kruskal-Wallis

Esta prueba compara las medianas de los grupos con los rangos establecidos en la prueba EFT y determina si hay diferencias significativas entre ambos. La tabla 5 recoge los resultados para este estadístico.

Tabla 4. Estadísticos de prueba.

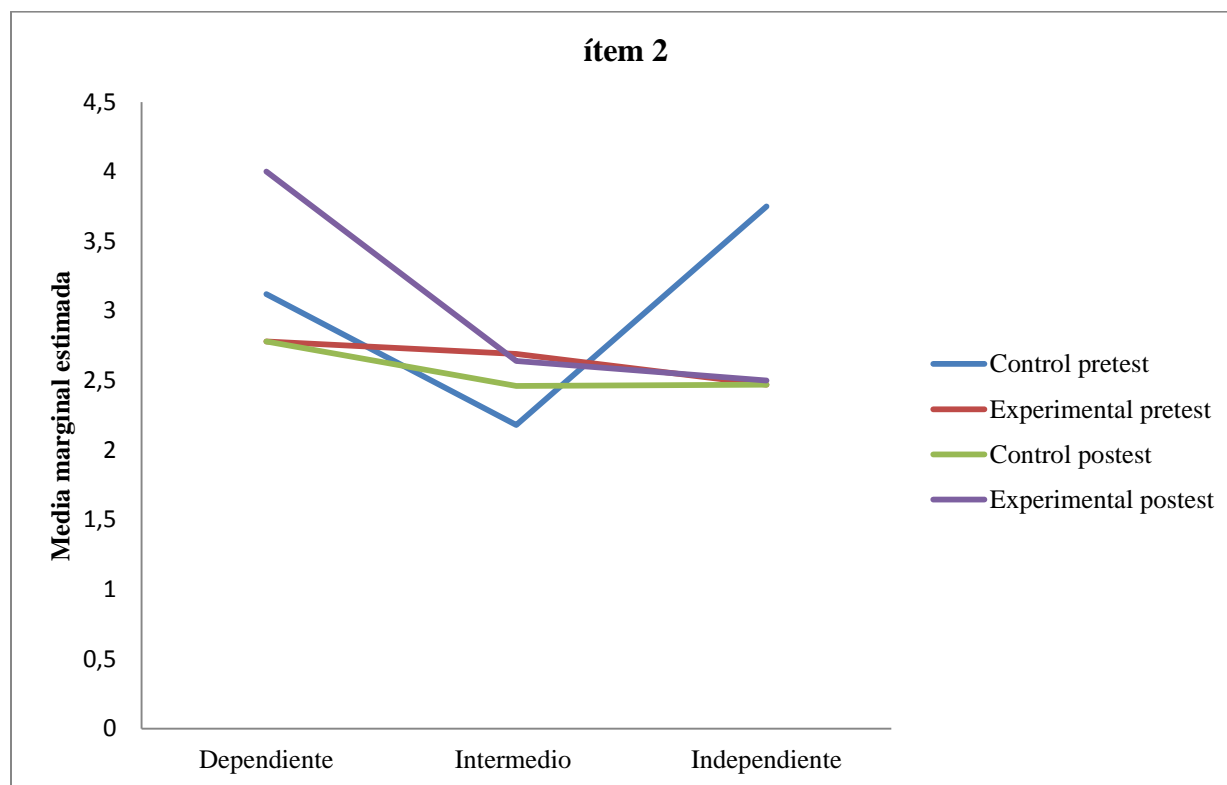
ítem	G. Control 10 grado pretest			G. Experimental 10 grado pretest			G. Control 10 grado posttest			G. Experimental 10 grado posttest		
	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintót.	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintót.	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintót.	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintót.
1. Átomo nivel de representación con palabras	0,442	2	0,802	3,512	2	0,173	2,122	2	0,346	1,608	2	0,448
2. Molécula nivel de representación con palabras	7,380	2	0,025	0,849	2	0,654	4,960	2	0,084	0,289	2	0,865
3. Átomo nivel de representación significado	1,932	2	0,381	0,228	2	0,892	1,324	2	0,516	0,541	2	0,763
4. Molécula nivel de representación significado	0,069	2	0,966	0,229	2	0,892	1,123	2	0,570	4,466	2	0,107
5. Átomo nivel de representación forma.	1,183	2	0,554	0,951	2	0,622	1,954	2	0,376	2,184	2	0,336
6. Molécula nivel de representación forma	2,490	2	0,288	1,925	2	0,382	0,354	2	0,838	3,312	2	0,191
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	2,652	2	0,265	4,139	2	0,126	0,174	2	0,917	2,059	2	0,357
8. Molécula nivel de representación a partir de imagen (humo carro)	0,276	2	0,871	0,868	2	0,648	0,174	2	0,917	2,059	2	0,357
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (gota de agua)	2,536	2	0,281	0,243	2	0,885	0,873	2	0,646	1,812	2	0,404
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O2)	3,518	2	0,172	3,628	2	0,163	0,493	2	0,781	0,757	2	0,685
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	3,590	2	0,166	2,604	2	0,272	2,008	2	0,366	3,436	2	0,179
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)microscopio	1,291	2	0,524	2,095	2	0,351	1,850	2	0,396	1,411	2	0,494
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	1,586	2	0,453	1,218	2	0,544	6,909	2	0,032	4,135	2	0,127
14. Fenómeno disolución nivel representación	0,959	2	0,619	0,009	2	0,995	2,237	2	0,327	0,450	2	0,799
15. Organización conceptual	2,488	2	0,288	1,957	2	0,376	0,205	2	0,903	0,842	2	0,656
16. Fenómenos difusión nivel	0,000	2	1,000	0,092	2	0,955	0,627	2	0,731	2,309	2	0,315
17. Organización átomo	2,316	2	0,314	0,018	2	0,991	0,876	2	0,645	3,404	2	0,182
18. Organización molécula	3,626	2	0,163	0,929	2	0,629	1,103	2	0,576	2,699	2	0,259

Variable de agrupación: Estilo cognitivo

Al comparar los grupos del grado décimo en lo referente a los estilos cognitivos y su relación con los niveles de representación se encontró de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis que hay diferencias significativas en el ítem 2 del grupo control en el pretest y en el 13 del posttest. En cambio para el grupo experimental no se encontró ninguna diferencia significativa en ningún ítem ($p \leq 0,05$).

La figura 63 muestra el comportamiento de los grupos en cuanto a la media marginal estimada y el estilo cognitivo para el ítem 2.

Figura 63. Diferencias entre grupos grado décimo representación molécula mediante palabras.

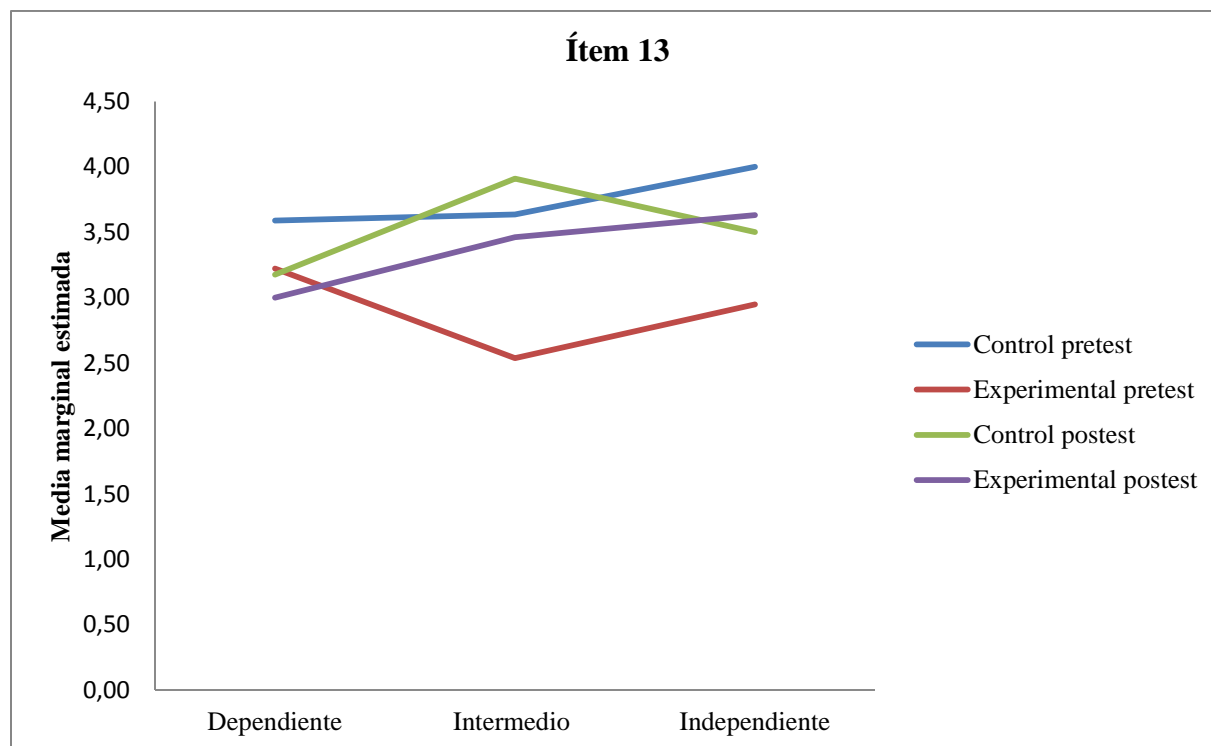


Elaboración propia.

Los niveles de representación de los dependientes de campo se encontraban por encima del grupo experimental en el pretest. Los sujetos intermedios tenían mejores niveles representacionales antes de la intervención en el grupo experimental; en cambio los niveles representacionales de los independientes de campo eran mejores en el grupo control. En el postest se observa que los dependientes de campo elevan sus niveles representacionales transitando principalmente hacia el nivel microscópico; los intermedios mantienen sus niveles representacionales y los independientes se igualan con el grupo control. De lo anterior se puede concluir que la estrategia de *múltiple representación en química* favorece la representación de las moléculas mediante palabras en los sujetos dependientes de campo; es decir la propuesta ayuda para que estos sujetos reconozcan e integren dentro de su comprensión de la materia a todas aquellas palabras o vocablos que hacen parte del mundo microscópico. Los sujetos independientes son más sensibles a retroceder en su entramado representacional; optando

principalmente por el nivel simbólico y macro-simbólico. La figura 64 muestra la variación de los grupos alrededor del ítem 13.

Figura 64. Diferencias entre grupos grado décimo representación molécula mediante palabras.



Elaboración propia.

El grupo control pretest presenta los mejores niveles representacionales en los dependientes e independientes de campo. Por el contrario, en el grupo experimental los sujetos independientes de campo presentan niveles representacionales más bajos principalmente simbólicos. Luego de la intervención, los sujetos independientes de campo del grupo control descenden en sus niveles representacionales y los sujetos del grupo experimental logran igualarlos. Lo opuesto ocurre, con los sujetos dependientes quienes tienden a la utilización del nivel simbólico principalmente alejándose un poco de los sujetos del grupo control. Se observa que los sujetos más sensibles a la intervención fueron los sujetos intermedios quienes en el grupo experimental mejoran sus niveles representacionales; tal vez el hecho de incluir sustancias cotidianas promueve que el estudiante enfoque su atención en la retención de datos relacionados con la composición y estos sean expresados mediante la fórmula de la sustancia; esta tendencia es meramente operativa y si bien es importante para la enseñanza de la química; puede conducir

a concepciones alternativas difícilmente transformables; puesto que, mediante símbolos puede resolver o aproximarse a lo que se media en las aulas. Se concluye entonces que, la estrategia de *múltiple representación en química* tiene un pequeño efecto en los sujetos independientes; pero el uso de diferentes formas de representar puede conducir en los dependientes que se arraigue el nivel simbólico.

De todo lo anterior se concluye que, la estrategia de *múltiple representación en química* promueve la representación de los átomos en los niveles micro y simbólico principalmente. La representación de las sustancias cotidianas se ve favorecida en el grupo experimental gracias a la implementación de la propuesta pedagógica; evidenciada en la calidad de las repuestas que se acercan más a las utilizadas por los expertos en química.

Hay un notable impacto de la estrategia en cuanto a la representación de las moléculas bien sea mediante el uso de palabras o mediante imágenes; la cual moviliza a los estudiantes al uso de referentes microscópicos para la representación. Además promueve la integración de los niveles microscópico-simbólico y microscópico-macroscópico. Los sujetos independientes de campo son sensibles a la forma en que se le plantean los contenidos en el aula; por ello una inadecuada presentación de un concepto químico podría causar errores en este tipo de estudiantes o quizás por confiar en sus referentes internos elaboren respuestas que se catalogan en niveles de representación menos deseables.

La estrategia de *múltiple representación en química* favorece notablemente a los sujetos dependientes de campo en cuanto a la representación de las moléculas permitiéndoles acceder de mejor manera a los niveles de representación micro y simbólico. Los sujetos dependientes de campo presentan niveles representacionales macro y macro-simbólico antes de la intervención; pero se movilizan a niveles representacionales luego de la implementación de la estrategia; en cambio los sujetos independientes de campo presentan representaciones de más alto nivel entre las que se destacan la microscópica y simbólica; luego de la intervención logran avanzar en niveles representacionales más complejos.

A continuación se realizara el análisis de los elementos más usados por los estudiantes de los grados sextos y décimo para representar a los átomos y moléculas. Se ha denominado elementos a aquellas palabras, hechos o símbolos utilizados en las respuestas a los ítems del instrumento.

Elementos utilizados por los estudiantes para representar átomos y moléculas: grado sexto y décimo.**Tamaño, composición y relación causal.**

Cuando se le pregunta a un sujeto: ¿qué palabras llegan a su mente cuando escucha la palabra átomo o molécula? muchos pueden pensar en distintos vocablos; estos elementos son los que permiten recuperar y activar las ideas que desarrollan. De los datos recolectados se tomó aquella información susceptible de ser agrupada y que permitió al estudiante generar la representación. En los grupos se observa el uso de determinadas palabras que se le atribuyen a moléculas y átomos; algunas aluden al tamaño y encajan en el nivel de representación microscópico, otras por el contrario, se refieren a una dimensión mayor como objetos o cuerpo; ligadas al nivel de representación macroscópico. Se presentan algunas de las respuestas a modo de ejemplo.

“Que son cosas muy diminutas que no se pueden ver” (GC6 postest)

“Partículas diminutas microscópica” (GE10, postest)

“Son grandes bolas de la materia” (GE6, pretest)

“Objetos cuerpo” (GC10, pretest)

La palabra diminutas, chiquitas, minúsculas, microscópicas, casi invisibles, entre otras; permiten inferir que el estudiante elaboró una representación de los átomos tomando como referencia el tamaño. Se encontraron también, otros elementos que son utilizados por los estudiantes para pensar acerca de átomos y moléculas; uno de ellos es la composición microscópica y macroscópica; en estas respuestas se encuentra que los átomos y las moléculas se relacionan con la constitución de los objetos y de los seres vivos. A continuación se muestran algunas de las respuestas halladas.

“Es una pequeña parte que compone una molécula” (GE6 postest).

“Es lo que conforma a los seres vivos” (GC10 pretest).

El reconocimiento de los átomos como constituyentes de la materia o de los mismos como materia; es relevante si se tiene en cuenta que, los estudiantes tienden a asumir una visión continua de las sustancias. Se asume que si un estudiante reconoce de qué están hechas las cosas, le será más fácil elaborar representaciones más cercanas a las consensuadas en la ciencia. No obstante, esto también podría conducir a representaciones simplistas del tipo “es lo que conforma

la célula”; en este caso el sujeto a determinado o relacionado la palabra con un referente de mayor tamaño que el átomo o la molécula, pero que en términos de composición resulta válido. Al respecto se puede decir que, esta manera de representarse a los átomos y las moléculas termina convirtiéndose en un obstáculo para acceder a otro nivel representacional; puesto que las partículas subatómicas (protones, neutrones, electrones, quarks, entre otras) son más pequeñas que los átomos y son constituyentes de los mismos. Esto explica en parte las dificultades encontradas en los grupos para diferenciar átomos y moléculas.

También en algunos casos se puede dar la integración de los elementos de tamaño y composición; así por ejemplo en la respuesta: “algo muy microscópico que sus unidades se agrupan hasta formar una molécula”; se determina que se ha hecho la incorporación de los dos elementos. Ambos elementos hacen parte del nivel microscópico y son muy cercanas a las que realiza un experto en química.

Asimismo, Los hechos o causas que se establecen alrededor de una palabra también pueden conducir a elaborar una representación. Las palabras se pueden relacionar con hechos, anécdotas, datos históricos o contextos; se presentan algunas de las respuestas para ejemplificar.

“atonomía” (GC6 pretest)

“Big Bang” (GC10 postest)

“Explosión” (GE10 postest)

Como puede verse las palabras que mencionan los estudiantes no se aproximan a una conceptualización del átomo; estas tienen más bien un significado o relación. El elemento relación causal hace referencia a sucesos, acontecimientos o posibles inferencias que se establecen con la palabra átomo o molécula. Así por ejemplo, las respuestas presentadas a modo de ejemplo, permiten inferir que el estudiante elabora su representación a partir de un hecho como la teoría del big bang que explica el origen del universo, en donde tiene presencia el átomo. De otro lado, “atonomía” haría alusión a una posible rama de la ciencia que estudiaría los átomos; relación que establece el sujeto con la palabra.

Se concluye entonces, que cuando el estudiante piensa o escucha acerca de los átomos recurre principalmente a tres elementos representacionales: tamaño, composición y relaciones causales. Con ellos, elabora posibles imágenes o respuestas frente a las indagaciones que se le realizan. Estos elementos son los que median la construcción que del fenómeno o situación realizan los sujetos. En algunos individuos hay una clara tendencia hacia uno de estos elementos

(tamaño, composición y relaciones causales) mientras que en otros se puede lograr la interrelación de dos o más de estos.

Para el caso de las moléculas el elemento tamaño no es expresado plenamente en ninguno de los grupos. Se recurre a este siempre apoyado con el de composición. Esto puede deberse a la fusión de ideas intuitivas con conocimiento académico que terminan convirtiéndose en suposiciones híbridas alrededor de las moléculas (Giraldo, Cañada, & Dávila, 2015). Se presentan algunas respuestas que ejemplifican este dato.

“Es un nutriente que está dentro de nosotros” (GC6 pretest)

“Partículas que llevamos en el cuerpo” (GC10 postest)

En sus respuestas los estudiantes manifiestan que las moléculas componen a los seres vivos. Esto es entendible si se tiene en cuenta que, en la enseñanza de la biología se habla reiteradamente de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, entre otras. Las moléculas están presentes en un gran número de procesos celulares, tisulares y sistémicos. Por ello, no ha de extrañarnos que se recurra a este elemento para representar a la molécula. En el análisis de las repuestas alrededor de los átomos se infirió que este tipo de elementos pueden tener dos tipos de referentes los cuales lo dotan de características distintas. No es lo mismo hablar de composición en términos celulares que pertenece al mundo micro que hablar de cuerpo u objeto que tiene una tendencia hacia lo macro.

De otro lado, la composición como elemento representacional es el que mayor uso tiene en los grupos. Alrededor de este elemento se puede decir que, cuando el estudiante alude a la composición lo puede hacer de formas distintas; por ejemplo, puede aludir específicamente a la composición de la molécula bien sea a nivel microscópico, macroscópico, simbólico o en términos generales. Se muestran algunos ejemplos de las respuestas encontradas a modo de ejemplo.

“Parte” (GC10 pretest).

“Es la unión de átomos que conforman moléculas; de las moléculas, las partículas, etc...” (GE6 postest).

“Que están conformada por un conjunto de elementos” (GE10 postest).

Si se parte de que diferenciar entre el todo y la parte puede resultar para algunos sujetos una tarea bastante complicada; el hecho que, los sujetos tengan claridad en que la molécula está compuesta por un algo les permitiría mejorar en sus niveles de comprensión. Así lo expresa

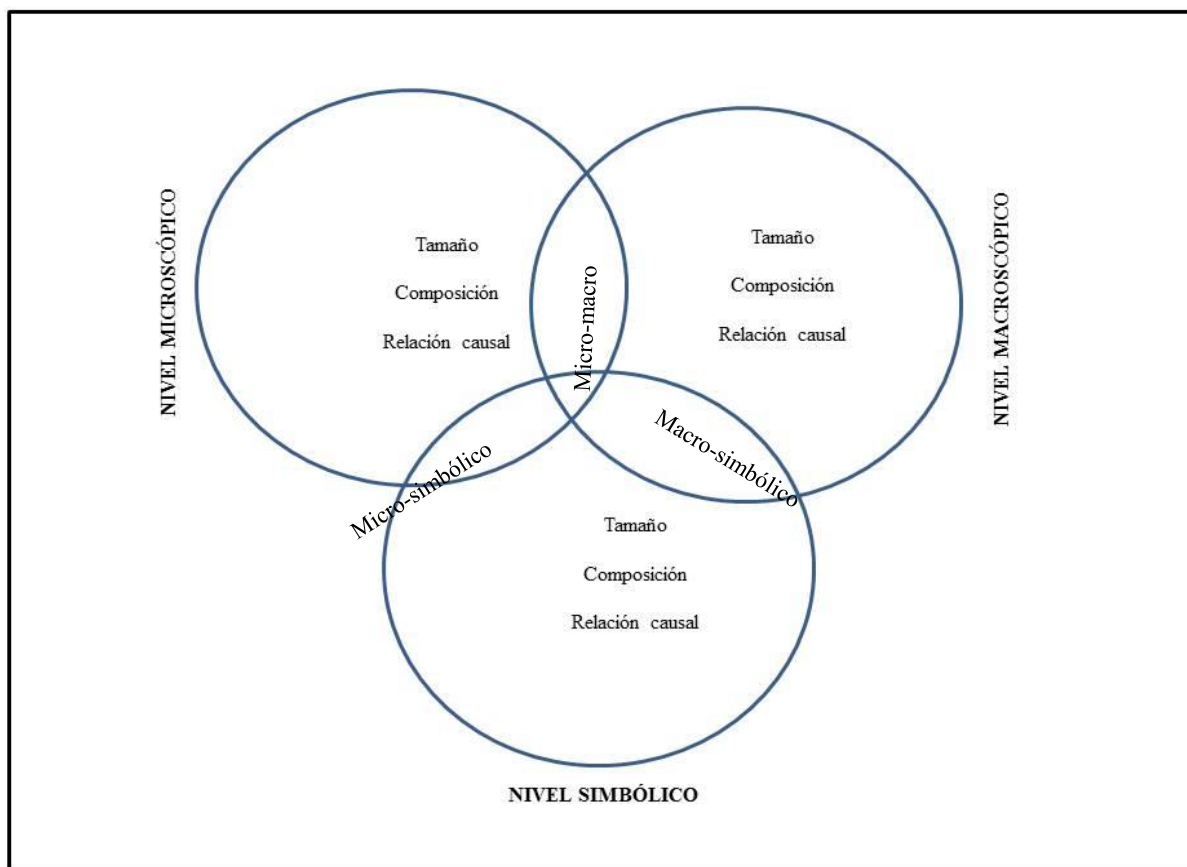
Preston (1988) al encontrar en su investigación que los estudiantes asumen indiferenciadamente a los átomos y las moléculas. Los niveles representacionales serían entonces una consecuencia directa de los elementos usados para pensar acerca de los átomos y las moléculas; elementos poco diferenciadores posiblemente conduzcan a confusiones; mientras que elementos más específicos conducen a niveles más deseados para la enseñanza.

En cuanto a las relaciones causales que establecen los sujetos alrededor de las moléculas se puede decir que, en el grado sexto es donde mayor influencia de este elemento se observa en las representaciones de los estudiantes. Una razón es que en este grado se introduce el concepto de célula y al hablar de los organelos celulares; se especifica su constitución aludiendo reiteradamente a las moléculas. Por lo tanto, no es insólito que algunos estudiantes elaboren representaciones en las cuales se les atribuya vida a los átomos y a las moléculas y que las relacionen con los seres vivos. Algunas respuestas de este tipo se muestran a continuación.

“para mí es como una célula que une a los átomos” (GE6 pretest)

“es el ADN celular” (GE6 posttest)

En síntesis, cuando a un sujeto se le pregunta acerca de los átomos o de las moléculas hace uso de ciertos elementos que resultan ser reiterativos. Estos elementos fueron identificados luego del análisis realizado a las respuestas suministradas, estableciéndose tres: tamaño, composición y relaciones causales. Este hallazgo es coherente con lo reportado por Preston (1988) quien clasificó las respuestas de estudiantes de grado 12 alrededor de los átomos y moléculas en categorías como tamaño, forma, estructura (composición) y masa. Lo encontrado hasta aquí coincide en dos de las planteadas por Preston, (1988): tamaño y composición. Se evidencia en lo expresado anteriormente el elemento de relaciones causales, el cual explica algunos atributos que los sujetos dan a moléculas y átomos. La figura 65 resume de forma esquemática los hallazgos alrededor de los elementos que influyen los niveles de representación.

Figura 65. Elementos que influyen en los niveles de representación de átomos y moléculas.

Elaboración propia.

Palabras que dan significado a moléculas y átomos.

Dentro de los ítems planteados a los estudiantes en el Test de Niveles de Representación Atómico-Molecular, se indagó acerca de qué entendían por átomo y molécula. Cada una de las respuestas fue leída y analizadas; para determinar el nivel en el que daban las respuestas, estableciendo los elementos presentes o palabras claves más utilizadas.

Se encontró que, algunos estudiantes luego de la intervención logran establecer relaciones entre dos conceptos; algunas de estas relaciones aluden específicamente a la composición por ejemplo, se concibe que el átomo esté formado por neutrones, protones y electrones o que el átomo sea lo que forma a las moléculas. Si bien, esto es un avance; un gran número de estudiantes presentan dificultades en la diferenciación de átomos y moléculas. Para los estudiantes elementos, sustancias, moléculas, resultan ser parte de un todo con el que explican la

existencia de lo que les rodea; no hay una distinción clara entre estos; es como, si para significar el átomo diera prioridad a las moléculas y para entender estas últimas usara al primero. A continuación se muestran algunos ejemplos.

“la molécula es lo que forman los átomos” (Natalia Gaviria, grado décimo, postest).

“los átomos son los que forman las moléculas o las sustancias” (Valeria Rodríguez, grado décimo postest).

Al respecto Linares (2004) señala que, la polisemia presente en la química es uno de los factores que más influye en el aprendizaje. La existencia de dos lenguajes en la química (microlenguaje y macrolenguaje) desencadena que, se elaboren descripciones microscópicas: aquellas utilizadas para describir el átomo o molécula y en las que se usan referentes del mundo micro (protones, neutrones, partículas); mientras que, en el macrolenguaje se dan explicaciones en términos de cuerpo simple, cuerpo compuesto o sustancia. Esto explica en parte el aumento del nivel macroscópico encontrado en algunos de los ítems; ya que la palabra átomo es clave para definir los demás términos. Los sujetos prefieren usar un lenguaje más cómodo para dar significado a eso que se escapa de su percepción inmediata, el átomo, recurriendo a análogos del mundo tangible para expresar sus ideas.

Muchos de los conceptos utilizados en química han tenido históricamente una descripción macroscópica; esto ha ocasionado que se presenten confusiones entre por ejemplo sustancias simples y compuestos (Linares, 2004); son estos conceptos los que permiten hacer el puente entre lo micro y lo macro.

De otro lado, se encuentran que los sujetos hacen uso de símbolos para dar significado a los átomos y las moléculas; así, en algunas de las respuestas dadas por los estudiantes se encuentra la utilización de fórmulas y símbolos químicos como forma de expresar un significado. Lo anterior puede deberse a que para las personas son más familiares los símbolos de algunos elementos o estos le permiten operacionalizar mejor la información. Así lo propone Izquierdo (2004), para que los conceptos químicos cobren algún sentido deben poder ser usados, hay que hablar de ellos, hay que hacer algo con ellos. Es a través del nivel simbólico como el estudiante manipula a moléculas y átomos; esto explica el incremento del nivel simbólico en los resultados obtenidos.

El uso de determinadas palabras permite expresar de mejor manera el conocimiento que se adquiere frente a determinado concepto. La integración de dos o más niveles en las

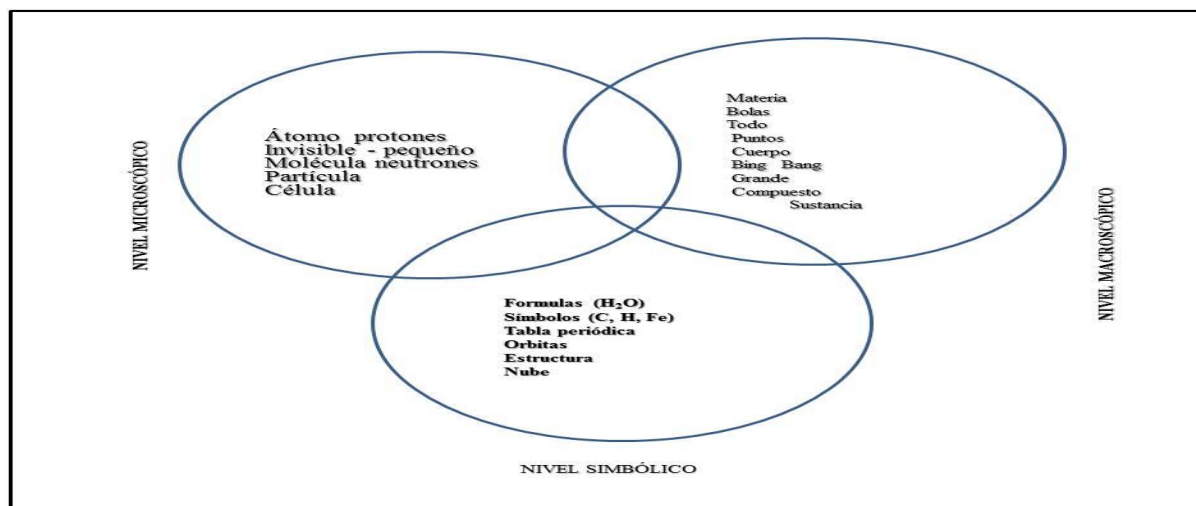
representaciones de los estudiantes se determina mediante el empleo de ciertas palabras en las respuestas; Según Vallejo (2017), los expertos en química son capaces de moverse en cada uno de estos niveles y manipularlos simultáneamente; es decir que, utiliza adecuadamente una serie de palabras para dar sentido a los fenómenos. Por consiguiente, un estudiante que dentro de sus respuesta articula de mejor manera ciertas palabras está mostrando un avance en sus niveles representacionales. A continuación se muestran la respuesta de un estudiante del grupo experimental del grado décimo que da cuenta de lo planteado.

“ Una molécula es de los que está formadas las sustancias” (pretest)

“Las moléculas son uniones de átomos, se representan con fórmulas químicas H_2O y CO_2 ” (posttest).

En resumen, los estudiantes luego de la intervención hacen uso de palabras y símbolos que le permiten darle un significado a moléculas y átomos; estas pueden relacionarse con los niveles representacionales microscópico, macroscópico y simbólico dependiendo de lo que se pretende expresar. Muchas de las palabras usadas por los estudiantes hacen referencia al nivel microscópico; en donde se encuentra que su uso puede conducir a confusiones; dado que son usadas como sinónimas u operacionalmente equivalentes. El uso de símbolos permite al estudiante hacer la transición hacia niveles de representación más complejos y a mejorar en la diferenciación entre los átomos y moléculas. La figura 66 reúne de forma esquemática las palabras más usadas por los estudiantes según el nivel de representación.

Figura 66. Niveles de representación y palabras que dan significado a átomo y molécula.



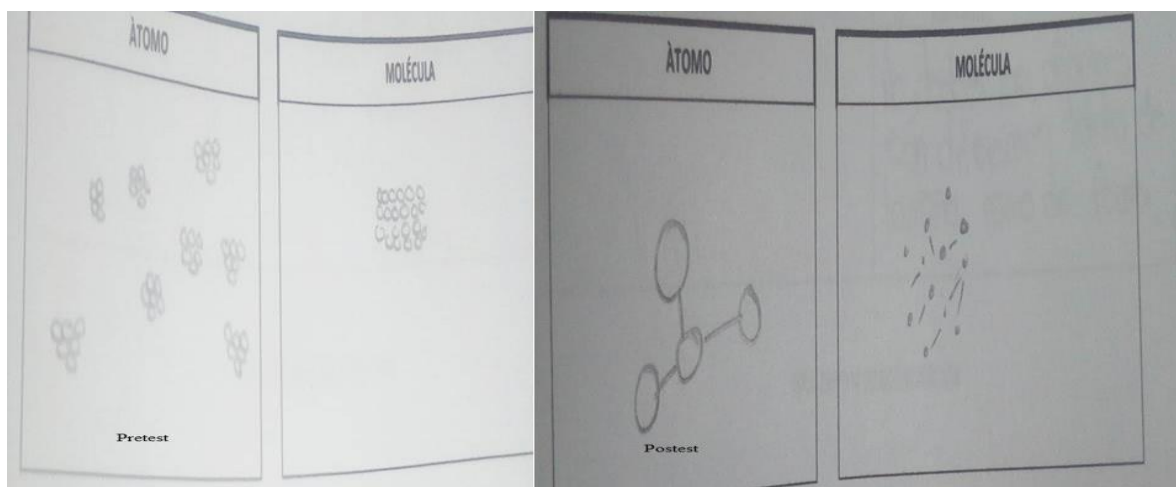
Elaboración propia.

Formas de representar moléculas y átomos.

Cuando representamos un objeto le asignamos atributos de forma, tamaño, color, entre otros. De este modo, cuando se crea una imagen de átomo o molécula buscamos dentro de nuestro sistema cognitivo algún análogo que nos permita hacernos a la idea de cómo son. Las ideas de los alumnos son el resultado de las interacciones con su ambiente, mediado principalmente por estímulos verbales (Escalona et al, 2009). En la ciencia existen distintos modelos, muchos de ellos son el producto de evidencia empírica y otros son elaborados con el fin de interpretar o comprender de mejor manera determinados fenómenos. Al iniciar la mediación de los contenidos alumnos y maestros hacen uso de estos modelos para poder aprender y enseñar. Las representaciones que del átomo o las moléculas se realizan están influenciadas por modelos científicos y modelos para la enseñanza.

Los estudiantes para representar la forma de los átomos utilizan generalmente: puntos diminutos y esferas o bolas pequeñas. Llama la atención que en ocasiones hayan estudiantes que utilicen esa misma representación para las moléculas. A continuación se muestran un ejemplo.

Figura 67. Diferencias entre el pretest y postest de un estudiante de grado sexto.



Fuente: test de niveles de representación atómico-molecular versión 2.

Las anteriores repuestas tienen en común que se hace uso de un elemento cotidiano (puntos, círculos y esferas). Es como si, el estudiante intentara dar una idea que no puede expresar sin algún referente cotidiano pero lo caracteriza con un atributo de tamaño. Esto puede

interpretarse de dos formas: la primera consiste en una consciencia de que los átomos no son así sino que son parecidos a... y la segunda, que son pensados específicamente en estas dimensiones y formas. Ahora bien, se encuentran diferencias cuando de expresar en palabras la forma de los átomos se trata. Para algunos estudiantes los átomos tienen una forma definida e incluso esa misma forma les permite explicar su funcionamiento; a continuación se presentan algunas respuestas que dan cuenta de las observaciones.

“los átomos tienen una forma ondulada” (GE10 pretest)

“varias bolitas rodeándolo y dando vueltas en torno a él rápidamente” (GE10 posttest)

“los átomos son embolados y tienen punticos” (GE6, posttest).

El uso de análogos macroscópicos para elaborar una idea acerca de cómo son los átomos, tiene implicaciones para el aprendizaje y la enseñanza si se tiene en cuenta que existen diferencias en el procesamiento de la información, pues si bien hay estudiantes que logran hacer la diferenciación entre el análogo y lo que ejemplifica, otros almacenan la información intacta sin reestructurarla.

También se encontraron respuestas que se referían a formas que dan indicios de representaciones simbólicas: orbitales, configuración electrónica, elementos, entre otras. Estas respuestas, carecen de un referente microscópico o macroscópico y se enfocan a aspectos de la enseñanza del átomo. Frases del tipo: “es un núcleo representado por orbitales” “como la configuración electrónica” ejemplifican este tipo de respuestas. Este aspecto es relevante si se tiene en cuenta que pues el estudiante asume que aquellas representaciones simbólicas determinan la forma de los átomos y hacen uso de los modelos como ideas reales de los objetos; integrando de forma inadecuada los elementos propios de la representación simbólica y asignándoles a los átomos estos referentes.

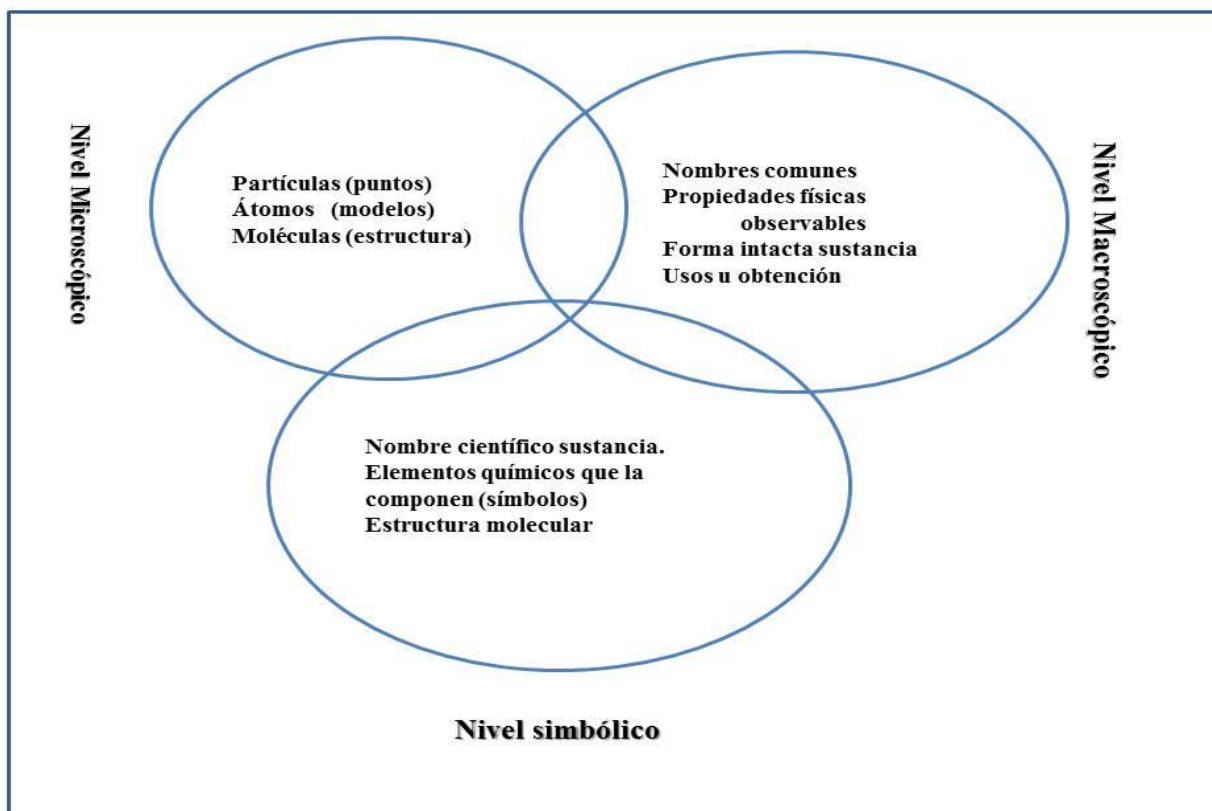
En síntesis, cuando a los estudiantes se les indaga acerca de cómo son los átomos hacen uso de distintos elementos representacionales que pueden ser analizados desde los niveles micro-macro y simbólico. En el micro aparecen análogos del mundo macroscópico pero que se piensan a escala microscópica; en cambio, en el macro el atributo de tamaño no es especificado lo que puede conducir a ideas erróneas acerca de los átomos. En cuanto al nivel simbólico este aparece como una alternativa de integración de conceptos relacionados con la representación del átomo, se evidencia que este nivel puede llegar a presentar un obstáculo si lo que se desea es generar en el estudiante un modelo de átomo.

Para elaborar una idea acerca de cómo son los átomos y las moléculas se hace uso de figuras, objetos y formas del mundo macroscópico que permiten entender las interacciones entre los átomos para formar las moléculas y la composición interna de los átomos. De estos se puede hacer mención o no, de su tamaño o tomarlo a escala real. Además, se pueden especificar sus elementos u optar por generalizaciones; en cuanto a esto último, la decisión es tomada de manera personal a partir de los datos con los que cuente el sistema cognitivo. Para la enseñanza de la química es importante que el estudiante especifique los elementos que influyen en la representación pues esto permite integrar nuevos conceptos y poder hacer tránsito a través de los niveles de representación micro-macro y simbólico.

La influencia de los contenidos desencadena que el estudiante haga uso de vocablos relacionados con la composición microscópica de las sustancias a las que generalmente le atribuye propiedades macroscópicas. Es entendible que suceda esto pues las dimensiones del mundo real le son familiares más que las del corpuscular (Ordenes, Arellano, & Jara, 2014). Lo anterior, se refleja en los resultados obtenidos en un pequeño porcentaje de estudiantes que establecen una combinación entre lo macro y micro.

Los estudiantes muestran preferencia hacia aquel nivel que le permita sintetizar o recoger mayor número de atributos del objeto a representar. Los sujetos que se apoyan en una visión macroscópica recurren a lo cotidiano como elemento representacional, hecho observado en las imágenes en las que se le pedía una descripción de la sustancia a nivel atómico. El nivel microscópico resulta ser una buena elección para el estudiante pero requiere de otro que le apoye para expresar su entendimiento. La estrategia de *múltiple representación en química* constituye una forma de alfabetización en torno a las imágenes cuando se procesa la información de forma adecuada. Como no todos los estudiantes procesan la información de la misma forma es necesario tener en cuenta el estilo cognitivo. La figura 68 recoge de forma esquemática los elementos más usados por los estudiantes para representar a través de imagen-palabra.

Figura 68. Elementos representacionales utilizados para expresar cómo son los átomos y moléculas.



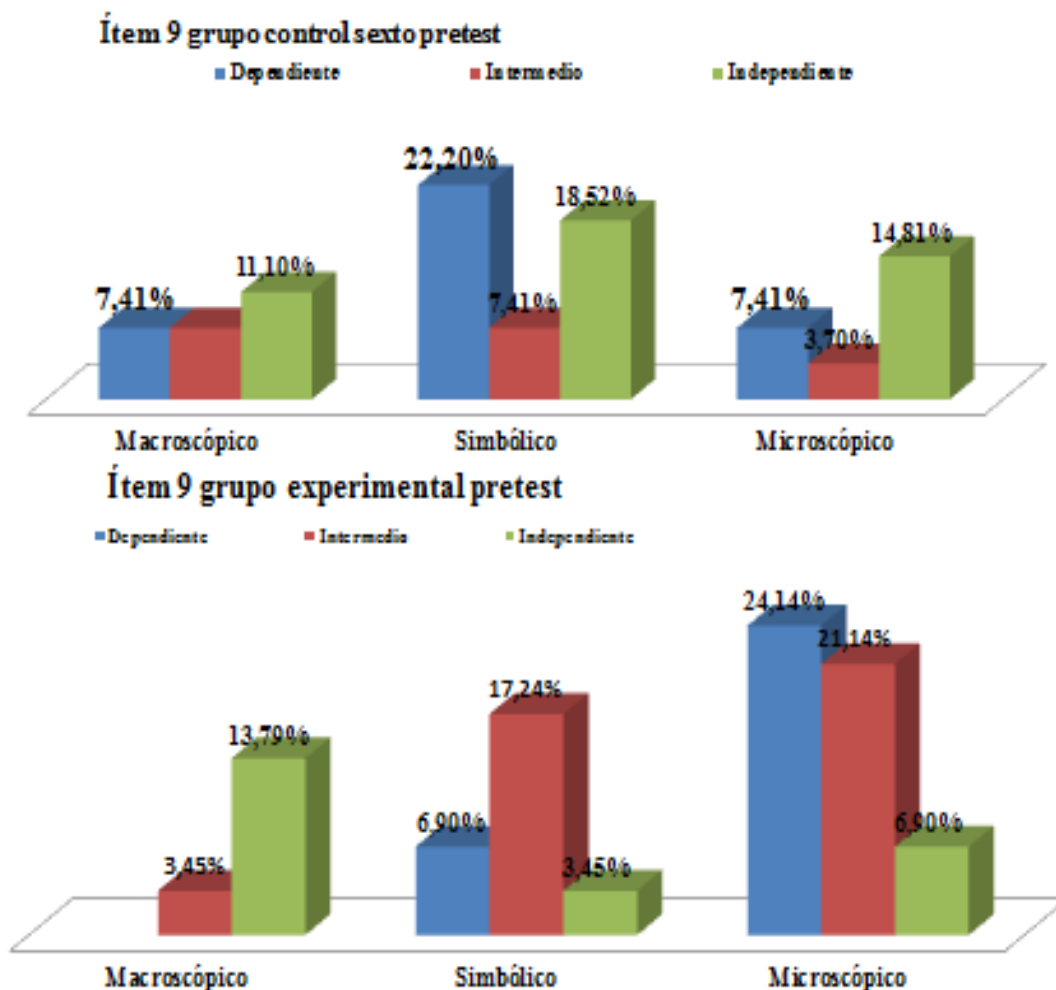
Elaboración propia.

A continuación se presentan el análisis de los ítems que tuvieron relación con el estilo cognitivo en la prueba de **Kruskal-Wallis**, de tal forma que se pueda profundizar en la posible relación del estilo cognitivo con los niveles de representación.

Estilo cognitivo y niveles de representación en grado sexto

En el grado sexto hubo diferencias significativas en los ítems 9 del pretest, 2 y 6 del postest. En la figura 69 se presentan el porcentaje de nivel de representación dependiendo el estilo cognitivo.

Figura 69. Diferencias nivel representación según estilo cognitivo grado sexto pretest ítem 9.

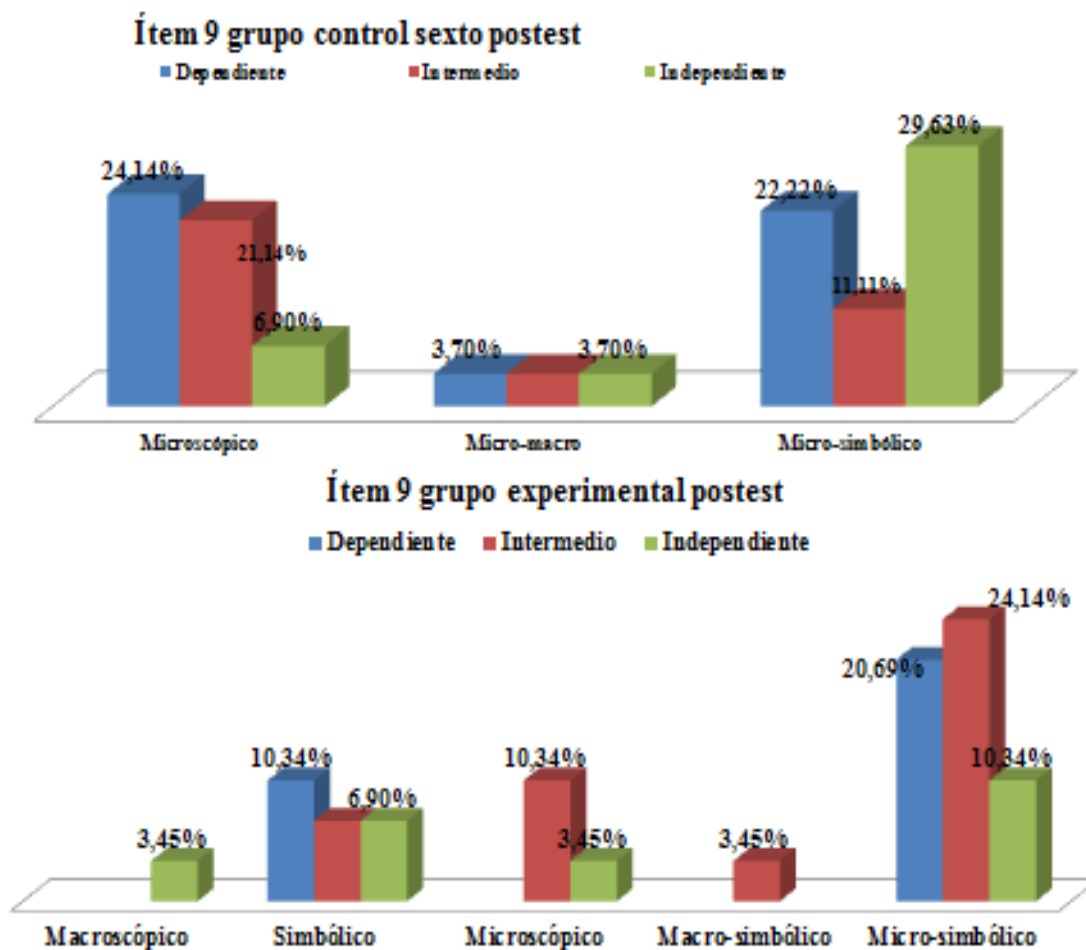


Elaboración propia.

Se observa que, los sujetos dependientes de campo del grupo control utilizan en mayor medida el nivel simbólico; los intermedios usan los niveles macroscópico y simbólico principalmente para realizar sus representaciones. Los independientes de campo tienden a ser más microscópico y simbólicos.

En el grupo experimental encontramos que los dependientes de campo usan con mayor porcentaje el nivel microscópico y los sujetos independientes de campo tienden a ser macroscópicos. Los intermedios se distribuyen entre los niveles micro y simbólico principalmente. Consideremos ahora los resultados obtenidos luego de la intervención; la figura 70 muestra las diferencias entre los estilos en el grupo control y experimental en el postest.

Figura 70. Diferencias grupo control y experimental postest según el estilo cognitivo ítem 9.



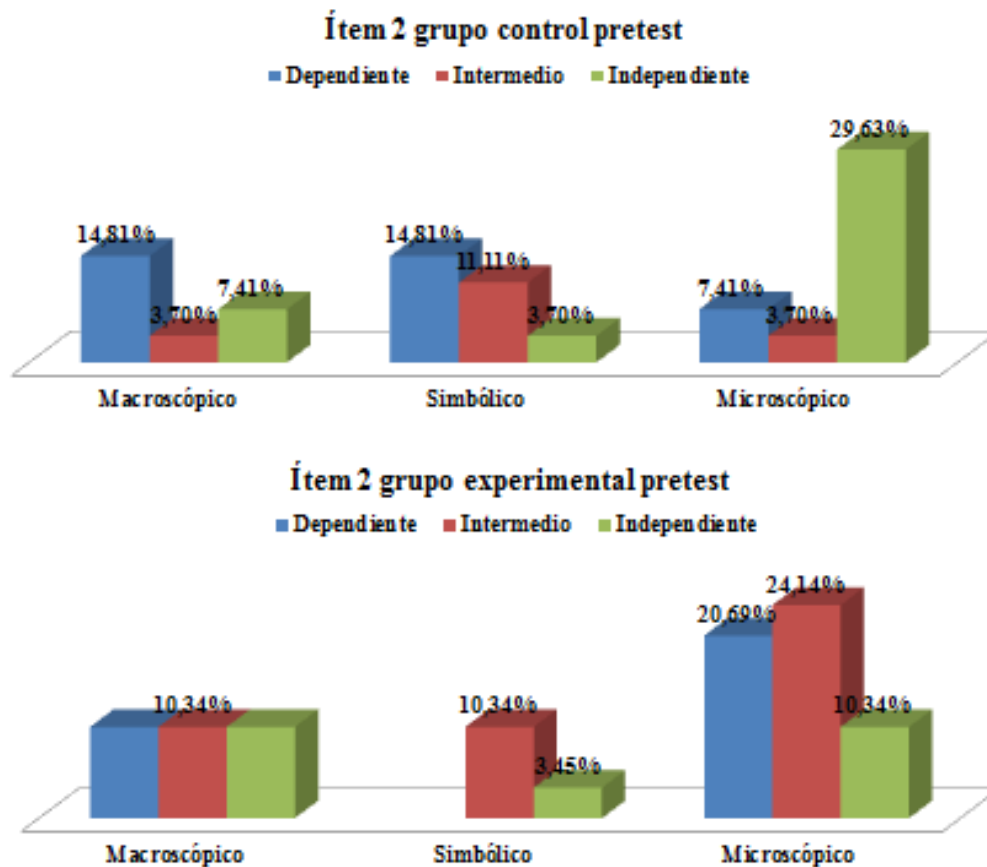
Elaboración propia.

Luego de la intervención los dependientes de campo e intermedios del grupo control avanzan hacia la representación microscópica y micro-simbólica; los independientes de campo utilizan el nivel micro-simbólico mayoritariamente. La integración de niveles no se da en el pretest pero si en el postest; dicho cambio se explica a que en parte los contenidos mediados en el aula mejoran los niveles representacionales.

En el grupo experimental se reduce el nivel macro que estaba presente en el pretest en los independientes de campo; no hay ningún sujeto dependiente de campo en este nivel. Los dependientes de campo se distribuyen entre el nivel simbólico y micro simbólico superando incluso en porcentaje a los independientes de campo. Se infiere que hay una clara influencia de

la estrategia de *múltiple representación en química* frente a la representación macroscópica en los Independientes de campo y un efecto positivo en los dependientes de campo que logran mejores niveles desenvolvimientos. Finalmente la propuesta pedagógica genera mayor integración de niveles comparado con la experimental. La figura 71 presenta los niveles representacionales más usados según el estilo cognitivo en el ítem 2 del pretest.

Figura 71. Diferencias grupo control y experimental pretest según el estilo cognitivo ítem 2.

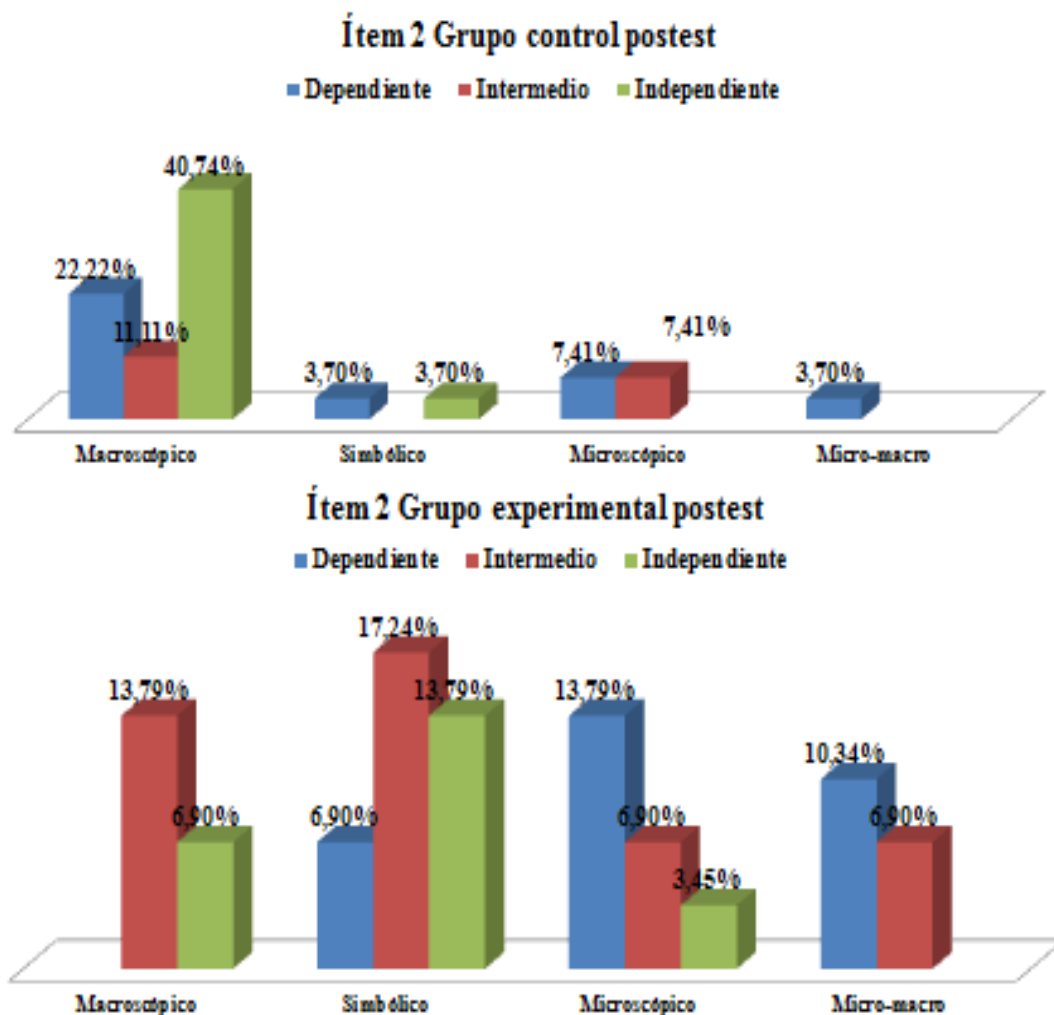


Elaboración propia.

Los sujetos dependientes de campo presentan adherencia al nivel macro y microscópico, los intermedios utilizan en mayor medida el nivel simbólico; mientras que los independientes de campo realizan sus representaciones principalmente en el nivel microscópico.

En el grupo experimental los dependientes de campo e intermedios presentan nivel de representación microscópico; los independientes de campo se distribuyen en los niveles macro y micro. La figura 72 recoge los resultados para este ítem en el postest.

Figura 72. Diferencias grupo control y experimental postest ítem según el estilo cognitivo 2.

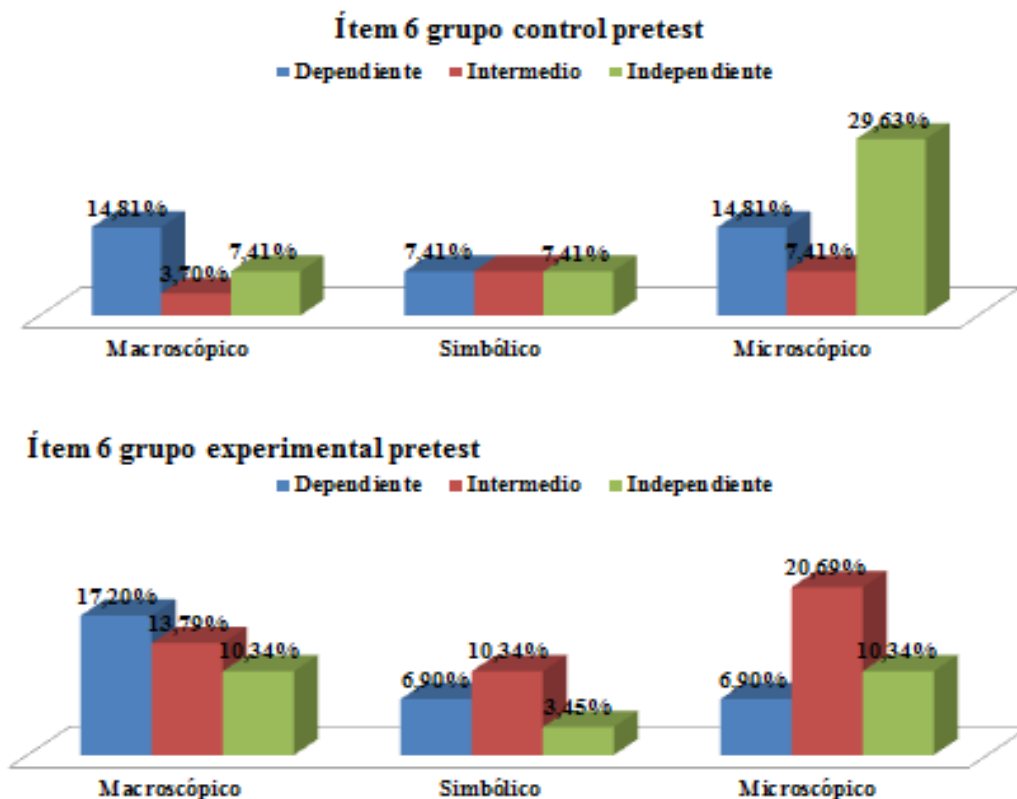


Elaboración propia.

Para este ítem, los sujetos independientes de campo del grupo control tienden a la representación macroscópica; mientras que en el grupo experimental optan por la representación simbólica. Las representaciones macroscópicas de los dependientes de campo son nulas en el grupo experimental y en el grupo control son cercanas al 23%; estos sujetos se movilizan hacia la representación microscópica y micro macro. De otro lado, los sujetos intermedios del grupo experimental se adhieren al nivel simbólico aunque un porcentaje importante permanece en el macroscópico; el cual es mayor en relación con el control. Se observa una inclinación de los Independientes de campo por el uso de los niveles macro y simbólico luego de la intervención. Se concluye que la estrategia de *múltiple representación en química* favorece los niveles

representacionales de los sujetos dependientes de campo. El resultado obtenido para los independientes de campo hace suponer que cuando estos sujetos piensan en las moléculas lo hacen principalmente a partir de modelos que expresan mediante palabras del mundo macroscópico (sustancias y compuestos). La figura 73 recoge los niveles de representación según el estilo cognitivo para el ítem 6.

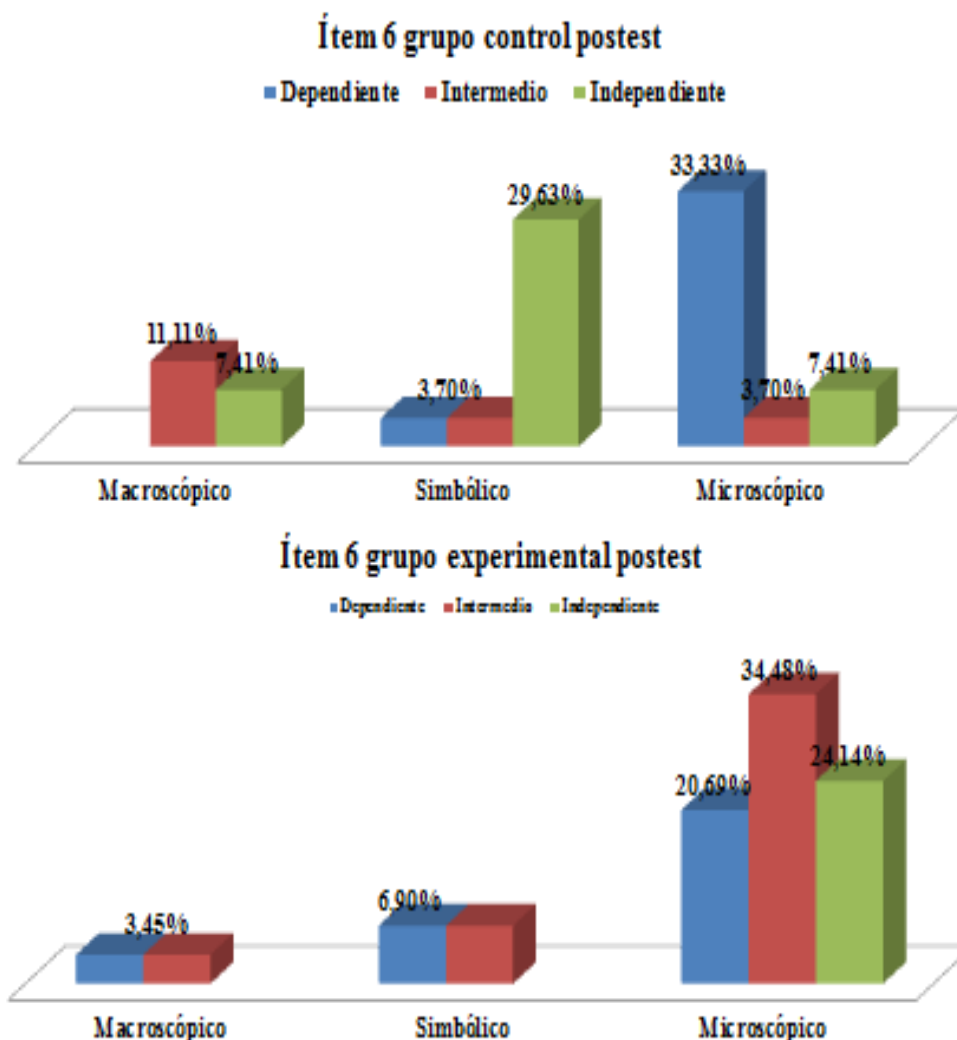
Figura 73. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo ítem 6.



Elaboración propia

Los sujetos independientes de campo del grupo control tienden a ser microscópico y los dependientes de campo se distribuyen entre lo macro y micro. En el grupo experimental los dependientes de campo son macroscópicos en su gran mayoría y los IC se distribuyen entre el nivel micro y el macro. Los sujetos intermedios se distribuyen homogéneamente entre los niveles. La figura 74 muestra los resultados para este ítem en el postest.

Figura 74. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo ítem 6.



Elaboración propia.

Los sujetos dependientes de campo en el grupo control utilizan principalmente el nivel microscópico y los independientes de campo el nivel simbólico; los sujetos intermedios en su gran mayoría representan en el nivel microscópico. En el grupo experimental los sujetos intermedios e independientes de campo migran hacia el nivel micro; no hay variación significativa en los dependientes. Se concluye que la estrategia implementada favorece a todos los sujetos sin importar el estilo cognitivo; esto es importante si se tiene en cuenta que los estudiantes generalmente usan el nivel macroscópico para representar a las moléculas, lo que los lleva a generar concepciones alternativas difíciles de modificar.

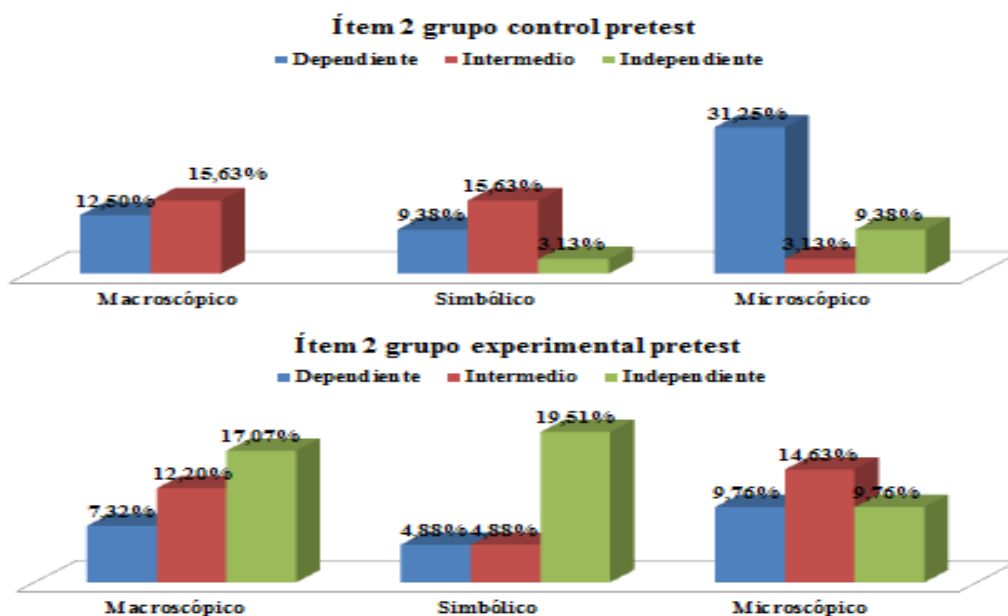
De este apartado se concluye que, El uso de imágenes favorece la movilización entre los niveles representacionales de los sujetos dependientes de campo (ítem 9). La estrategia favorece a todos los sujetos sin importar su estilo cognitivo; llevando a la mayoría de individuos a elaborar representaciones microscópicas de las moléculas, cuando de expresar la forma se trata (ítem 6).

Los sujetos Independientes de campo tienden a pensar en las moléculas en términos microscópicos y macroscópicos; lo que les permite hacer integraciones. En ocasiones expresan sus ideas solo en uno de los niveles y en otras hacen mezclas entre ambos.

Estilo cognitivo y niveles de representación en grado décimo.

En el grado décimo hubo diferencias significativas en los ítems 2 del pretest y 13 del postest. En la figura 75 se presentan el porcentaje de nivel de representación dependiendo el estilo cognitivo del ítem 2 pretest.

Figura 75. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo ítem 2



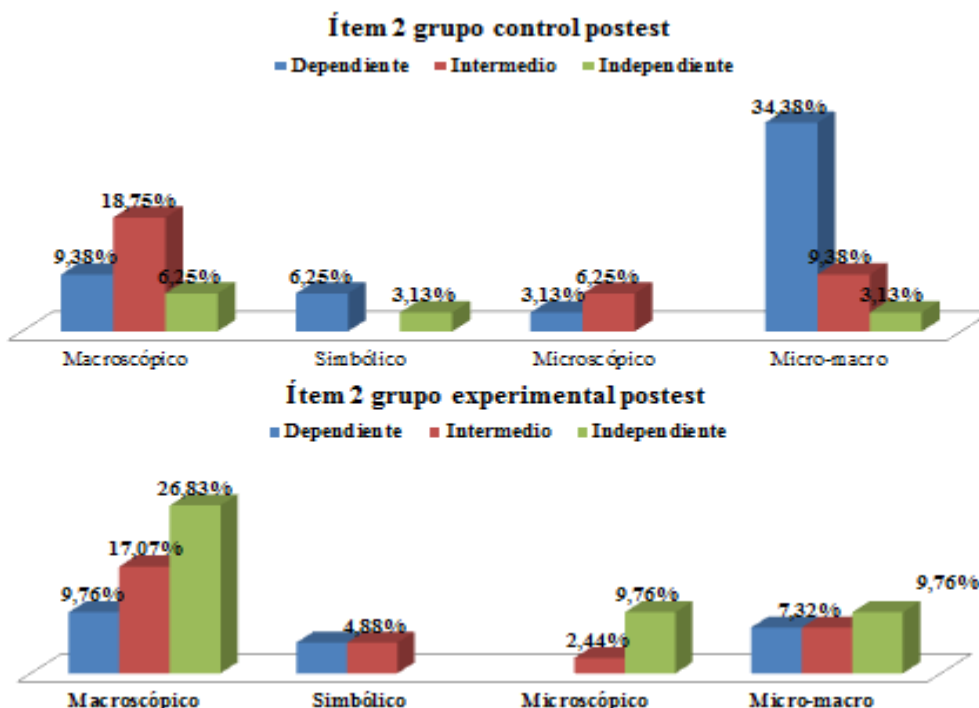
Elaboración propia.

Los sujetos dependientes de campo del grupo control son en su gran mayoría microscópicos; en cambio los intermedios se distribuyen entre los niveles simbólico y

macroscópico. Hay un pequeño porcentaje de independientes de campo en los niveles micro y simbólico.

En el grupo experimental los sujetos Independientes de campo tienden a ser en un alto porcentaje macroscópicos y simbólicos. Los sujetos dependientes de campo e distribuyen entre lo macro y micro; mientras que los intermedios se encuentran distribuidos en los niveles micro y macro. La figura 76 muestra la variación del ítem en el posttest.

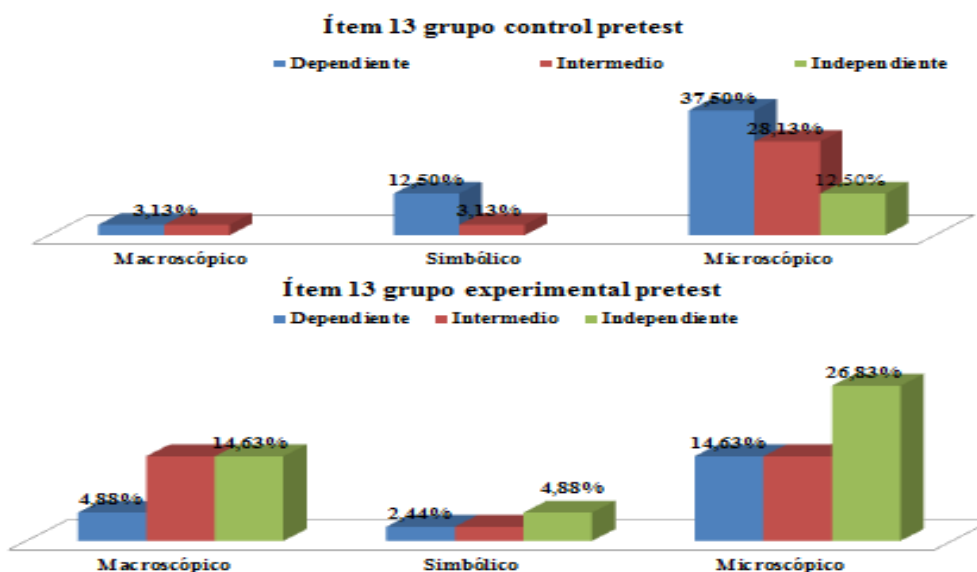
Figura 76. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo posttest



Elaboración propia.

Las representaciones micro-macro son menores en el grupo experimental y mayores en el grupo control. Los dependientes de campo se distribuyen en el nivel macroscópico y micro-macro en el grupo experimental. Este mismo hecho acontece en los independientes de campo; en donde el porcentaje es mayor. Los sujetos intermedios se adhieren al nivel macro luego de la implementación de la estrategia. Se concluye que la estrategia no moviliza en una gran proporción a los estudiantes a niveles de representación más complejos y que los resultados sugieren que la enseñanza de la química tradicional en el grado décimo posibilita mejores representaciones (en cuanto a la representación de la molécula mediante palabras) comparada con la estrategia implementada. La figura 77 recoge el comportamiento del ítem 13 en el pretest.

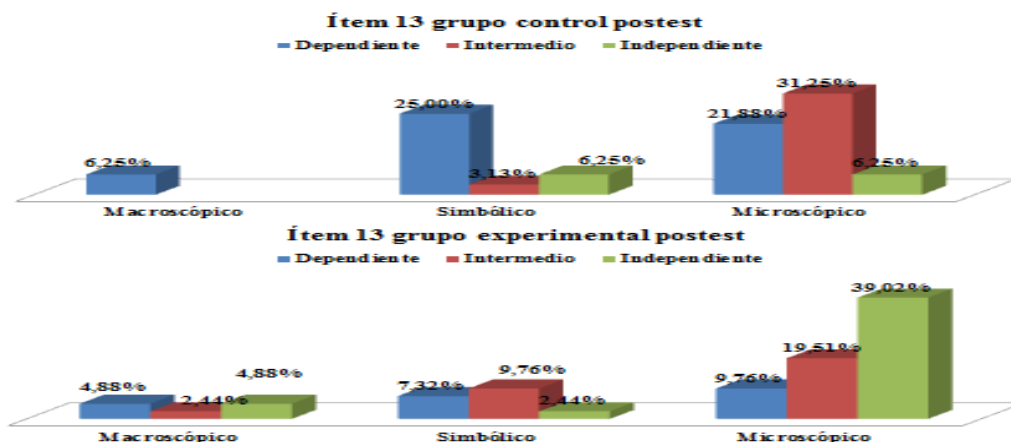
Figura 77. Diferencias grupo control y experimental según estilo cognitivo ítem 13.



Elaboración propia.

En el grupo control el mayor nivel de representación es el microscópico independientemente del estilo: los dependientes de campo se dividen entre el nivel simbólico y microscópico. En cambio, en el grupo experimental hay un porcentaje importante de representaciones macroscópicas en los sujetos intermedios e independientes de campo; la representación microscópica es alta en los sujetos independientes de campo. La figura 78 presenta el comportamiento del ítem 13 en el postest.

Figura 78. Diferencias entre grupo control y experimental postest según estilo cognitivo ítem 13.



Elaboración propia

En el grupo control los dependientes e independientes de campo utilizan principalmente los niveles micro y simbólico; los intermedios son los que mayor porcentaje microscópico presentan. En el grupo experimental los Independientes de campo son los que utilizan en mayor proporción el nivel microscópico; mientras que, los dependientes de campo se distribuyen en el nivel micro y simbólico. Se concluye que la estrategia de *múltiple representación en química* favorece parcialmente la consolidación del nivel microscópico en la representación de sustancias cotidianas en los sujetos independientes de campo.

Finalmente, se puede decir que, A pesar de las diferencias presentadas en los ítems 2 y 13, parte de ellas se deben al avance de los sujetos hacia otros niveles de representación y hay una escasa relación del aumento en este grado con el estilo cognitivo.

Aunque el ítem 13 muestra alguna tendencia de los independientes de campo hacia el uso del nivel microscópico como forma de representar las sustancias cotidianas; esta tendencia puede deberse en cierta medida a la estrategia pedagógica implementada; pero en ella también influyen de forma importante los contenidos trabajados en ambos grupos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Efecto de la estrategia de *múltiple representación en química en sexto grado.*

La estrategia permitió que los estudiantes mejoraran en el uso de los niveles representacionales; las diferencias significativas encontradas entre las dos mediciones realizadas señalan movilidad de los sujetos hacia niveles de mayor complejidad y la integración de dos o más de ellos.

El uso de imágenes dentro de la implementación de la estrategia de *múltiple representación en química*, mostró ser una herramienta portentosa para lograr la movilidad e integración entre los niveles micro y micro-simbólico. Sin embargo, algunas imágenes podrían ocasionar un efecto contrario; movilizándolo a los estudiantes al nivel macroscópico principalmente, como se evidenció en los resultados obtenidos en el grupo experimental principalmente en las representaciones del átomo. Se atribuye este hecho a la dificultad que genera en el estudiante diferenciar entre los átomos y las moléculas.

Se recomienda el uso de imágenes en la enseñanza de la química; dado que parecen gozar de cierta neutralidad en su resultado independientemente del estilo cognitivo. Se presume que esta particularidad de las imágenes en la enseñanza de la química se deba a que, para el caso de los dependientes de campo permiten centrar la atención y en el caso de los independientes reestructurar la información que se expresa mediante el material iconográfico. Según lo expresado por Hederich (2004) se sabe que hay claras diferencias entre los Independientes y Dependientes de campo con relación a la fuente de información que atienden; los sujetos más dependientes de campo atienden a información externa (visual) y los sujetos independientes información de naturaleza interna. Valdría la pena analizar en próximas investigaciones la influencia específica de algunas imágenes sobre el estilo cognitivo.

Los niveles de representación más accesibles para los estudiantes de grado sexto resultaron ser el simbólico y microscópicos principalmente. No obstante, los resultados muestran que también se pueden usar otros niveles y que la utilización de un determinado nivel puede depender de la situación planteada; lo que equivale a decir que no hay una estabilidad en el nivel

de representación y que dependiendo en que parte del fenómeno centre su atención utilizará un determinado nivel. Sin embargo, en algunas situaciones se ve una marcada tendencia de los independientes por los niveles micro y macro para representar, mientras que los dependientes de campo parecen verse más cómodos con los niveles micro y simbólico.

Los estudiantes de este grado fueron más sensibles a la movilidad de la representación macroscópica hacia otros niveles; en cada uno de los grupos (control y experimental) el nivel macro se reduce notablemente. Si bien el nivel macroscópico puede obstaculizar el aprendizaje no es nocivo *per se*, pues como lo plantea Caamaño (2014), la realidad química presenta un nivel macroscópico, en el que juegan papel primordial los sentidos; más que juzgar las respuestas de los estudiantes es identificar el tipo de información que se se asocia para representar; frente a este aspecto se han identificado una serie de elementos que pueden servir para entender la forma como el estudiante elabora representaciones sobre la materia.

Se establece que para representar a los átomos hay una marcada tendencia hacia la representación microscópica luego de la intervención. Cuando el estudiante piensa o escucha acerca de los átomos recurre principalmente a tres elementos representacionales: tamaño, composición y relaciones causales. Estos elementos sirven de fundamento para la reconstrucción y representación del fenómeno. En algunos individuos hay una clara tendencia hacia la utilización de uno solo de estos elementos, mientras que en otros se puede lograr la interrelación de dos o más de estos. A diferencia de las palabras que utilizan los estudiantes para representarse los átomos, para el caso de las moléculas, el elemento tamaño no es expresado plenamente. Se utiliza el elemento de tamaño siempre apoyado con el de composición; esto puede deberse a la fusión de ideas intuitivas con conocimiento académico, que terminan convirtiéndose en suposiciones híbridas alrededor de las moléculas.

El concepto de átomo es escasamente manejado por los estudiantes; por ello para definirlo recurren frecuentemente a análogos del mundo macroscópico como forma de representación. La estrategia implementada mostró tener efecto en los estudiantes de este grupo permitiéndoles acceder a los niveles micro y simbólico de mejor manera. Los estudiantes muestran preferencia hacia aquel nivel que le permite sintetizar o recoger mayor número de atributos del objeto a representar. Los sujetos que se apoyan en una visión macroscópica recurren a lo cotidiano como elemento representacional, hecho observado en las imágenes en las que se les pedía una descripción de la sustancia a nivel atómico. El nivel microscópico resulta ser una

buena elección para el estudiante pero requiere de otro que le apoye para expresar su entendimiento en este caso sería el simbólico.

El uso del nivel simbólico en el grupo control y experimental parece deberse a que este nivel permite operacionalizar de mejor manera símbolos y elementos y asociar a estos atributos de composición. Los resultados parecen indicar que no son recomendables el uso de representaciones que involucren las diadas macroscópico-simbólicas y microscópico-simbólicas; estas generan confusión y poca claridad acerca de los átomos y moléculas. Se sugiere promover el uso de la triada macro-micro y simbólico para una mejor comprensión de los conceptos y fenómenos propios del aprendizaje de la química.

La propuesta mostró tener influencia positiva en la representación de moléculas y átomos mediante palabras, representación de moléculas con el empleo de análogos representacionales (formas) y en la representación de sustancias cotidianas. Por el contrario, la propuesta no favorece la forma como los estudiantes organizan los conceptos; en el grupo experimental se observó una tendencia hacia la elaboración de esquemas globales; aunque hay una aparente mejora en la calidad de los esquemas estos terminan siendo más globales que analíticos.

Del mismo modo, en la organización de los constituyentes de los átomos se observa un comportamiento similar. Los dibujos que hacen los estudiantes de los átomos se hacen de forma global sin incluir en ellos las partículas que lo constituyen; generalmente los estudiantes representan a los átomos con esferas, círculos y puntos. Estos mismos elementos son usados para representar a las moléculas lo que conlleva a arraigar las posibles indiferenciaciones.

La propuesta de intervención favoreció notablemente a los sujetos dependientes de campo e intermedios en cuanto a la representación de moléculas mediante imágenes. Del mismo modo, la representación de moléculas mediante palabras y formas se ve influenciada por la propuesta implementada; ya que los sujetos dependientes de campo se desplazan hacia niveles de representación distintos al macroscópico. Los datos obtenidos permiten infligir que la enseñanza tradicional de la química ocasiona que los sujetos independientes de Campo opten por niveles de representación menos deseables como el macroscópico.

En términos generales la propuesta elevó considerablemente los niveles representacionales de los estudiantes del grupo experimental; elevando la calidad de sus repuestas entre el pretest y postest. Sin embargo, es importante mencionar que el hecho de trabajar con grupos intactos puede sesgar en cierta medida los resultados encontrados y el

verdadero impacto de la estrategia. Se recomienda repetir el estudio tratando de homogenizar lo más posible la muestra y determinar las posibles interacciones extracurriculares intragrupo que podrían influir en los resultados de este tipo de estudios.

Efecto de la estrategia de *múltiple representación en química en décimo grado.*

Se evidenció que la mediación de los contenidos por sí sola también permite la movilidad entre los niveles representacionales. La enseñanza tradicional en este grado promovería el nivel simbólico principalmente; sin embargo, este nivel puede generar mayores dificultades para la diferenciación entre átomos y moléculas.

En el grupo se observó que el nivel macro-simbólico puede ocasionar mayores concepciones alternativas; debido a que, los estudiantes asumen que las sustancias tienen los símbolos de sus constituyentes a nivel microscópico. La estrategia implementada promovió el nivel micro-macro en la representación de los átomos; aunque se observan dificultades en la diferenciación entre los átomos y moléculas.

La estrategia de *múltiple representación en química*, influye notablemente en la representación de los átomos mediante el empleo de imágenes y parcialmente en la representación de las moléculas. La integración de ciertos niveles se da en el grupo experimental, promoviendo el uso de los átomos y moléculas en la explicación de la composición de la materia y fenómenos fisicoquímicos.

Cuando a los estudiantes se les indaga acerca de cómo son los átomos, hacen uso de distintos elementos representacionales que pueden ser analizados desde los niveles micro-macro y simbólico. En el micro, aparecen análogos del mundo macroscópico pero que se piensan a escala microscópica; en cambio, en el macro, el atributo de tamaño no es especificado; lo que puede conducir a ideas erróneas acerca de los átomos. En cuanto al nivel simbólico, este aparece como una alternativa de integración de conceptos relacionados con la representación del átomo. Se recomienda que este nivel deba ser manejado de forma racional.

En este grado se da la integración de todos los niveles; no obstante, las representaciones microscópicas-macroscópicas son reducidas. Este tipo de representaciones se dan principalmente en los sujetos independientes de campo; quienes muestran tendencia hacia estos dos niveles principalmente. Llama la atención, el hecho de que los sujetos independientes de campo migren

entre el pretest y posttest hacia niveles de representación más simples como el macroscópico; sin embargo vale aclarar que tanto los conceptos, modelos y las representaciones (verbales, gráficas o simbólicas) pueden ser macroscópicas, microscópicas o simbólicas (Caamaño, 2014), y que en los sujetos independientes es un mecanismo de reestructurar la información y darle un sentido interno.

La estrategia suscito cambios en la representación de sustancias cotidianas en los sujetos independientes de campo e intermedios, pero se ve un mayor efecto en los sujetos dependientes de campo; movilizándolos principalmente hacia el nivel simbólico.

En este grupo las imágenes favorecen más a los dependientes de campo, observándose un cambio en los niveles representacionales de estos sujetos; en contraposición los sujetos Independientes de campo se ven más influenciados por sus referentes internos y terminan elaborando respuestas que tienden principalmente hacia lo macroscópico y micro-macroscópico. En la mayoría de los ítems analizados se observa que el nivel de representación más accesible para los sujetos dependientes de campo son el microscópico y simbólico. Las integraciones de dos o más niveles son posibles tanto en dependientes como en independientes.

Los sujetos independientes de campo acceden con mayor facilidad a los niveles macro y micro; lográndolos integrar de manera adecuada. La integración de hasta tres niveles representacionales se da en un bajo porcentaje favoreciendo a los independientes. El uso del nivel macroscópico por parte de estos sujetos les permite analizar de mejor manera los fenómenos y la composición de la materia, lo que pone de manifiesto la importancia de utilizar este nivel de forma adecuada.

En este grupo la propuesta pedagógica no generó el impacto esperado; pues al comparar el comportamiento de los ítems con el grupo control se observa que, en la gran mayoría de los ítems los estudiantes de este grupo tuvieron mejores desempeños. No obstante, se observa que hay una cualificación en las repuestas entre el pretest y posttest; se recomienda implementar la propuesta en grados inferiores en donde se observa un mejor efecto.

Frente al diseño metodológico

La asignación aleatoria de los grupos no tuvo en cuenta la diferencia en el número de estudiantes del grupo control y experimental del grado décimo; lo cual pudo influir en los

resultados del grupo; la constitución de los grupos se debió a factores externos al investigador pues son los dos grupos con los que se contaba para realizar la investigación. Se sugiere mejorar en este aspecto.

Si bien, el diseño cuasiexperimental presentado permitió determinar el impacto de la estrategia de *múltiple representación en química*; el análisis estadístico realizado pudo haber menguado la riqueza que en términos didácticos tiene algunos de los datos recolectados para la comprensión del proceso de aprendizaje y enseñanza de la química; se sugiere realizar un análisis de correspondencias múltiples para los datos recolectados dada la naturaleza de las variables trabajadas.

El instrumento utilizado para determinar los niveles representacionales ofrece un amplio panorama y además goza de una fiabilidad aceptable (Alfa de Cronbach= 0,726); lejos de identificar errores conceptuales busca interpretar las lógicas estudiantiles susceptibles de interpretación. Se sugiere utilizar los elementos y atributos reportados para construir insumos para futuros instrumentos que indaguen al respecto sin que haya la posibilidad de generar preguntas abiertas.

Finalmente, existen una serie de variables que pudieron influir en los resultados obtenidos que vale la pena mencionar; acontecimientos ocurridos entre la primera y segunda medición y el posible efecto del test que dentro de la cultura estudiantil se convierte en una actividad más a la que hay que dar respuesta. Se recomienda tener en cuenta este aspecto en futuras investigaciones; mejorando la operatividad del test propuesto.

El trabajo de investigación presentado abre la puerta a futuras investigaciones que deseen profundizar en la importante influencia de los estilos en el aprendizaje de conceptos químicos. La didáctica de las ciencias es un campo bastante promisorio para la interdisciplinariedad en el estudio de la enseñanza aprendizaje; investigaciones de este tipo transforman sin duda alguna el quehacer pedagógico.

BIBLIOGRAFÍA

- Alís, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II) El cambio de las concepciones alternativas. *Eureka*.
- Aramburu Oyarbide, M. (2004). Estilos Cognitivos, Desarrollo Operatorio Y Preconcepciones. *Revista Internacional de Psicología*, 1-23.
- Barrios López, S., & Vera Silva, L. (2013). Relación entre los estilos cognitivos y las estrategias didácticas en un grupo de docentes de la ciudad de Bogotá. *Movimiento científico*, 144-157.
- Bastida Navarro, E. (2016). El efecto de la dependencia-independencia de campo en la formación de recuerdos falsos. *Behavior & Law Journal*, 42-50.
- Becerra-Bulla, F., Parra Vargas, M., & Vargas Zárate, M. (2011). Estilo Cognitivo Predominante en Estudiantes Universitarios de Nutrición y Dietética, Universidad Nacional de Colombia, 2009. *Rev Fac Med.* , 113-124.
- Benarroch Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 123-134.
- Benarroch, A. (2000). El Desarrollo Cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las ciencias* (18), 235-246.
- Buela Casal, G., De Los Santos Roig, M., & Carretero Dios, H. (2001). Propuestas De Integración En El Estudio De Los Estilos Cognitivos: El Modelo De Las Dos Dimensiones. *Rev. de Psicol Gral y Aplic*, 227-244.
- Caamaño Ros, A. (2008). REPENSAR EL CURRÍCULUM DE QUÍMICA EN EL BACHILLERATO. Primera Trobada de professors de Química de la Universitat de Barcelona i professors de química de batxillerat (págs. 1-12). Barcelona: IES Barcelona-Congrés.
- Caamaño, A. (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7-20.
- Cabrera Cortés, I. (2003). El procesamiento humano de la información: en busca de una explicación. *ACIMED*, 1-13.

- Capuano, V., Dima, G., Botta, I., Follari, B., De La Fuente, A., Gutiérrez, E., y otros. (2007). Una experiencia de aula para la enseñanza del concepto de modelo atómico en 8° EGB. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2-10.
- Carreiras, M. (1986). Mapas Cognitivos: Revisión Crítica. *Estudios de Psicología*, 61-86.
- Castellaro, M. (2011). EL CONCEPTO DE REPRESENTACIÓN MENTAL COMO FUNDAMENTO EPISTEMOLÓGICO DE LA PSICOLOGÍA. *Límite. Revista de Filosofía y Psicología*, 55-67.
- Chamizo, J. A. (1996). Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño. *Educación Química*, 7-12.
- Cokelez, A., & Dumon, A. (2005). Atom and molecule: upper secondary school French students' representations in long-term memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 119-135.
- Cuéllar López, Z. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2-15.
- De La Fuente, A. M., Perrot, M. T., Dima, G., Gutiérrez, H., Capuano, V., & Follari, B. (2003). Estructura atómica: Análisis y estudio de los estudiantes (8 de EGB). *Enseñanza de las ciencias*, 1(21), 123-134.
- Domínguez-Castiñeiras, J. M., Falicoff, C. B., Ortolani, A. E., Húmpola, P. D., & Odetti, H. S. (2008). Construcción, Implementación y Evaluación de Secuencias de Enseñanza en los Temas: Gases y Disoluciones. *Rev Soc Quim Perú*, 196-209.
- Farias Camero, D. M. (2012). Teoría, estructura y modelos atómicos en los libros de texto de química de educación secundaria. Análisis desde la sociología de la ciencia e implicaciones didácticas. Barcelona, España.: UNIVERSIDAD DE BARCELONA.
- Furió, C. &. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las ciencias*, 241-258.
- Furió-Mas, C., & Domínguez-Sales, C. (2007). PROBLEMAS HISTÓRICOS Y DIFICULTADES DE LOS ESTUDIANTES EN LA CONCEPTUALIZACIÓN DE SUSTANCIA Y COMPUESTO QUÍMICO. *INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA*, 241-258.
- Furió-Más, C., & Solbes, J. (2004). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación: resultados y perspectivas. *Alambique*, 64-78.

- Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M. C., & Guisasola, J. (2012). Diseño e Implementación de una Secuencia de Enseñanza para Introducir los Conceptos de Sustancia y Compuesto. *Enseñanza de Las Ciencias*, 113-128.
- Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. En B. J. Fraser, & K. G. Tobin, *International handbook of science education* (págs. 233-248). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Galagovsky Lydia, L., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Investigación didáctica*, 231-242.
- Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati, N., & Morales, L. (2003). Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de las ciencias*, 107-121.
- García Ramos, J. M. (1989). *Los Estilos Cognitivos Y Su Medida: Estudios Sobre La Dimension Dependencia-Independencia De Campo*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y ciencia: C.I.D.E.
- Garzón, A., & Seoane, J. (2010). La memoria desde el procesamiento de información. En I. Delclaux, & J. Seoane, *Psicología cognitiva y procesamiento de la información: teoría, investigación y aplicaciones* (pág. 254). Pensilvania: Pirámide.
- George, D., & Mallery, P. (2003). *Spss for Windows step by step: A Simple*. Boston: Allyn & Bacon.
- Gómez, E. J., Benarroch, A., & Marín, N. (2005). Evaluation of the Degree of Coherence Found in Students Conceptions Concerning The Particule Nature Of Matter. *Journal Of Research In Science Teaching*, 1-21.
- González Tabares, N. M., Pareja Molina, E., & Tabares Hernández, M. S. (2006). *Estilo Cognitivo Dependiente-Independiente de Campo y las Estrategias de Enseñanza*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1998). Modelos Mentales, Modelos Conceptuales Y Modelización. *Enseñanza de la Física*, 107-120.

- Grilli, J., Laxague, M., & Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 91-108.
- Hederich Martínez, C. (2004). *Estilo cognitivo en la dimensión de Independencia- Dependencia de Campo- Influencias culturales e implicaciones para la educación*. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Hederich, C. M. (2007). *Estilo cognitivo en la dimensión dependencia-independencia de campo influencias culturales e implicaciones para la educación*. Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
- Izquierdo Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la Química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 115-136.
- Izquierdo Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modernizar. *Anales de la Asociación Química Argentina*, 115-136.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kempa, R. F. (1991). Students' Learning Difficulties In Science.causes And Possible Remedies. *Investigación y Experiencias Didácticas.*, 119-128.
- Landau, L., Gastón, R., & Torres, N. (2014). Disoluciones: ¿Contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? *Educ. quím*, 21-29.
- Lemke, J. L. (2006). Investigar para el Futuro de la Educación Científica: Nuevas Formas de Aprender, Nuevas Formas de Vivir. *Investigación Didáctica*, 5-12.
- López Rupérez, F. (1987). Dependencia-independencia de campo y educación científica. En *La resolución de problemas y la organización del conocimiento disponible. Un estudio experimental* (págs. pp. 65-78). Ayudas a la investigación educativa CIDE- MEC.
- López-Vargas, O., Hederich-Martínez, C., & Camargo-Uribe, Á. (2011). Estilo cognitivo y logro académico. *Educ*, 67-82.
- Márquez, C. B. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Educar*, 27-38.
- Maturana, H., & Varela, F. (2003). *El árbol del conocimiento Las bases biológicas del conocimiento*. Buenos Aires: Lumen.
- Mellado Jiménez, V. (2003). Cambio Didáctico Del Profesorado De Ciencias Experimentales Y Filosofía De La Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 343-358.

- Meza, A. (1987). Acerca de los Estilos Cognitivos Dependencia-Independencia de Campo. *Revista de Psicología de la PUCP*, 162-176.
- Mora Penagos, W. M., García Martínez, A., & Mosquera Suárez, C. J. (2002). Bases para la construcción de un cuerpo conceptual didáctico del desarrollo histórico - epistemológico de los conceptos estructurantes de la química. *Revista científica*, 259-286.
- Moreira, M., Greca, I., & Rodríguez, M. P. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 37-57.
- Morín, E. (1996). Método III: o Conhecimento do conhecimento. Publicações Europa-América.
- Muñiz Rigel, S. (2009). Construcción de Modelos Atómicos por Estudiantes de Bachillerato. Influencia de la Imagen Preconcebida del átomo. X CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA, 1-13.
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la Enseñanza de la Química. En Blanco & Negro, 38-46.
- Nunan, D. (1991). *Language Teaching Methodology: A Textbook for Teachers*. UK: Prentice Hall International.
- Nunnally, N. C. (1978). *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill. .
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2013). Representaciones macroscópicas submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educ. Quím*, 46-55.
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2013). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 55.
- Otero, M. R. (1999). Psicología Cognitiva, Representaciones Mentales e Investigación en Enseñanza de las Ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 93-119.
- Perales Palacios, F. J. (2006). Uso y (Abuso) de la Imagen en la Enseñanza de las Ciencias. *Investigación Didáctica*, 13-30.
- Pozo, J. I. (1993). Psicología y Didáctica de las Ciencias Naturales ¿concepciones alternativas? *Infancia y aprendizaje*, 187-204.
- Preston, K. R. (1988). *An investigation of grade 12 students misconceptions relating to fundamental characteristics of molecules and atoms*. Newfoundland: University of Newfoundland.

- Ramos Martín, J. M. (mayo de 2006). Evaluación «Dependencia/independencia de campo» en el contexto de los problemas de ansiedad. *Clínica y Salud*, 17(1), p. 31-49.
- Rincón Camacho, L. J. (2013). Los estilos cognitivos una aproximación al estudio de las diferencias individuales en la composición escrita. *Revista colombiana de educación*, 107-130.
- Sánchez, J. M. (2018). Translational Skills of Students in Chemistry. *Science Education International*, 213-219.
- Sandoval, M. E., & Caicedo López, H. (2009). El estilo Cognitivo y su Influencia En la solución de Problemas de Química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá: Red Académica.
- Sanmartí, N., & Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la escuela*, 51-61.
- Sawa, H. (1966). Analytic thinking and synthetic thinking. *Bulletin of Faculty of Education*. En Analytic thinking and synthetic thinking. *Bulletin of Faculty of Education*. (págs. 13, 1-16). Nagasaki: Nagasaki University.
- Sunyono, & Yulianti, D. (2005). Introductory Study On Student's Mental Models In Understanding The Concept Of Atomic Structure (Case Study on High School Students in Lampung Indonesia) . *Chemistry Education Research and Practice*, 119-135.
- Tamayo Álzate, Ó. E. (2006). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Revista Educación y Pedagogía*, 39-49.
- Thadison, F. C. (2011). Investigating Macroscopic, Submicroscopic, and Symbolic Connections in a College-Level General Chemistry Laboratory. *Dissertations*, 513.
- Tinajero Vacas, C., & Páramo Fernández, M. (2013). El estilo cognitivo dependencia– independencia en el proceso de enseñanza–aprendizaje. *Revista Colombiana de Educación*, 57-78.
- Trinidad Velasco, R., & Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Revista de educación química*, 95-105.
- Uria, M., Lecumberry, G., & Orlando, S. (2012). Las Concepciones de los Actuales Alumnos sobre Estructura de la Materia . *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, 798-809.

- Vallejo Urán, W. A. (2017). Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de “reacción química”. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Varela Nieto, M. P. (1992). La Resolución de Problemas en la Enseñanza de las Ciencias Aspectos Didácticos y Cognitivos . Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Vásquez, A. (1990). Concepciones alternativas en Física y Química de Bachillerato: Una Metodología Diagnóstica. Enseñanza de las Ciencias, 251-258.
- Velasco Yáñez, S. (2009). Hermann Witkin y el descubrimiento de los estilos cognitivos, influencia posterior para la diferenciación con los estilos de aprendizaje. . Caleidoscopio, 139-158.
- Villaro Ábalos , E. (2012). Ideas previas sobre átomos y enlace químico Desarrollo de una estrategia didáctica en la educación secundaria . Madrid: Universidad de la Rioja.
- Wayne, W. D. (1994). Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la educación. Washington: Mc Graw Hill.

Anexo 1: Test de niveles de representación atómico-molecular versión 2.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
LÍNEA DE ESTILOS COGNITIVOS

TEST DE NIVELES DE REPRESENTACIÓN ATÓMICO-MOLECULAR versión 2

El siguiente es un instrumento que intenta conocer las representaciones e ideas que las personas tienen frente a algunos conceptos vinculados a la teoría atómico-molecular de la materia. Este instrumento hace parte del proyecto de investigación: **Representaciones en Química y Estilo Cognitivo**; por lo tanto **no tendrá ningún tipo de valoración** dentro de la asignatura. Solo nos interesa conocer las representaciones o ideas que tienes de los átomos y moléculas.

Para diligenciar este instrumento te solicitamos:

- Responder de la manera más clara posible.
- Justificar todos los ítems.
- No omitir ninguno de los campos.
- En caso de tener alguna duda frente a la forma de diligenciar el instrumento consultar con la persona encargada de la aplicación.

RECUERDA QUE: No hay respuestas correctas o incorrectas por lo tanto evita tomar como referencia las repuestas de su compañero.

NOMBRE: _____ FECHA: _____
SEXO: _____ EDAD: _____ CURSO _____
REPITENTE: SI__ NO__ AÑOS QUE LLEVA EN LA INSTITUCIÓN: _____

Nivel socioeconómico: 1 2 3 4 5 (Encierra en un círculo)

Escribe en el espacio correspondiente la información que se te solicita.

- ¿Qué palabras llegan a tu mente cuando escuchas átomo y molécula? Escríbelas en el espacio correspondiente

1. ÁTOMO

2. MOLÉCULA

- ¿Qué entiendes por átomo?

3. Respuesta:

- ¿Qué entiendes por molécula?

4. Respuesta:





- Describe con tus palabras cómo son los átomos.

5. Respuesta:

- Describe con tus palabras cómo son las moléculas.

6. Respuesta:

- Los dibujos que se presentan a continuación representan diversas sustancias. Explica lo que verías de estas sustancias si te hicieras lo suficientemente pequeño como para observarlas a nivel atómico.

Dibujo	Descripción
 <p data-bbox="557 562 802 590">7. Puntilla de hierro</p>	
 <p data-bbox="557 789 802 816">8. Humo de un auto</p>	
 <p data-bbox="557 1079 764 1106">9. Gotas de agua</p>	
 <p data-bbox="557 1335 708 1362">10. Oxígeno</p>	

- ¿Cómo crees que está formado un grano de azúcar?

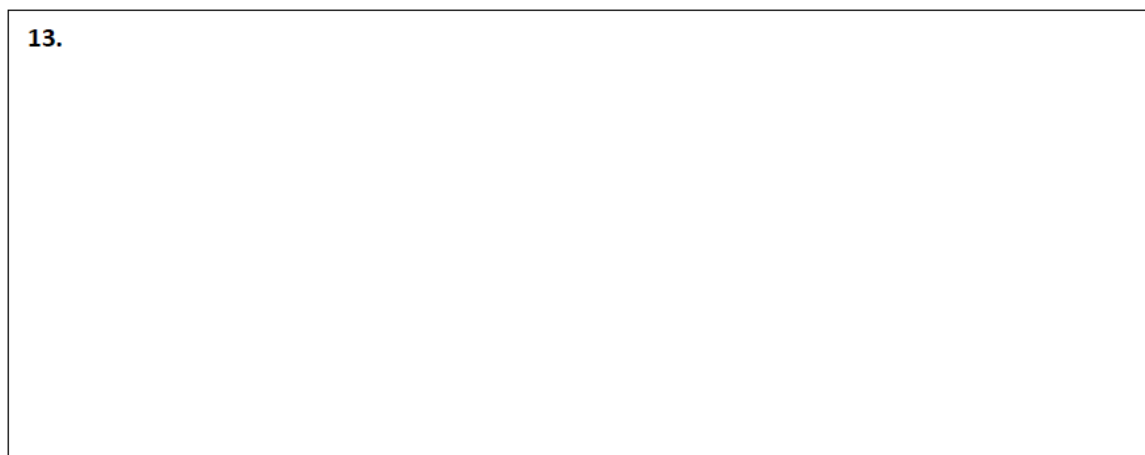
11.Respuesta: _____

- Si pudieras mirar un grano de azúcar a través de un microscopio muy potente, ¿qué verías?

12. Respuesta: _____

- Dibuja lo que observarías del grano de azúcar a través del microscopio

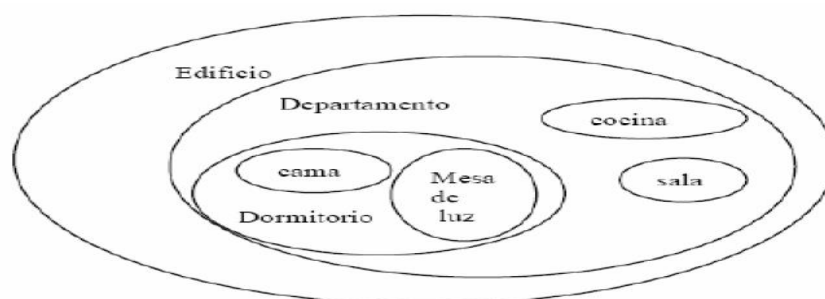
13.



- ¿por qué es posible que el azúcar se disuelva en agua?

14. Respuesta: _____

- Con las siguientes palabras: departamento/ cama/ sala/dormitorio/ edificio/ cocina/ mesa de luz, se realizó un diagrama que muestra que el departamento está dentro del edificio, que el dormitorio, la sala y la cocina están dentro del departamento, el diagrama se muestra a continuación:



Realiza un diagrama como el anterior, para el caso de un perro con las siguientes palabras: átomo/ neutrón/ célula/ núcleo/ protón/ molécula/ quarks/ corazón/ electrón/ perro.

15.

- Supongamos, que sobre una mesa tenemos un frasco de perfume y lo destapamos. ¿Cómo te imaginas que llega el olor de perfume al olfato? Describe en tus propias palabras lo que sucede.

16. Respuesta: _____

- Dibuja: ¿cómo te imaginas que son las moléculas y los átomos?. Puedes utilizar palabras, símbolos, signos o convenciones si lo consideras necesario.

17. ÁTOMO

18. MOLÉCULA

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 2: Evaluación por juicio de expertos Test de niveles de representación atómico-molecular.

EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado docente: Usted ha sido seleccionado para evaluar el **TEST DE NIVELES REPRESENTACIÓN ATÓMICO-MOLECULAR versión 1** que hace parte de la investigación *Análisis de las representaciones atómico-Molecular y su relación con el estilo cognitivo en la Dimensión (DIC)*. La evaluación de los instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JUEZ: WILLIAM RICARDO LUQUE

FORMACIÓN ACADÉMICA MAGISTER AREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL QUIMICA - BIOLOGIA

TIEMPO 21 AÑOS CARGO ACTUAL DOCENTE

INSTITUCIÓN: IE ROBERTO VELANDIA

De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

CATEGORIA	CALIFICACIÓN	INDICADOR
SUFICIENCIA	1 No cumple con el criterio	Los ítems no son suficientes para medir la dimensión
	2. Bajo Nivel	Los ítems miden algún aspecto de la dimensión pero no corresponden con la dimensión total
	3. Moderado nivel	Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente.
	4. Alto nivel	Los ítems son suficientes
CLARIDAD	1 No cumple con el criterio	El ítem no es claro
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA	1 No cumple con el criterio	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión.
	3. Moderado nivel	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo.
	4. Alto nivel	El ítem se encuentra completamente relacionado con la Dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA	1 No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar Incluyendo lo que mide éste.

ITEM No-origen	JUSTIFICACION	EVALUACION	FORMA	CONTENIDO	REPRESENTACION	OBSERVACION O SUGERENCIA DEL JUEZ
1-Construcción propia	<p>La principal característica de los átomos es su tamaño, el reconocimiento de esta característica es de suma importancia para desarrollar una representación del mismo. Identificar la mejor forma de expresar esta característica permite al docente determinar cómo dimensiona el estudiante el tamaño del átomo y analizar las representaciones que de este realiza.</p> <p>Si bien es cierto que los estudiantes y el común denominador de las personas tenemos una noción microscópica de los átomos, muchas de ellas son almacenadas, de distinta manera en la memoria a largo plazo, este ítem permite dilucidar las posibles relaciones con los diferentes niveles de representación (simbólico, macroscópico y microscópico).</p>	4	3	4	4	<p>Sería importante que el estudiante manifieste, explique o dé a entender qué es microscópico para él. Considero que sería un buen punto de partida para el docente ya que existe lo ultramicroscópico.</p>
2-Construcción propia	<p>Las analogías permiten realizar abstracciones y elaborar imágenes mentales, las analogías presentan tres elementos el análogo es decir lo que ya conocemos; la relación analógica que establece las relaciones de comparación; y el tópic que en este caso es dimensionar el tamaño del átomo y su forma. Las analogías presentadas en este ítem dan ideas distintas y apoyan procesos distintos; por un lado no es lo mismo concebir el tamaño desde una idea de completes relacionado con el tamaño (caso alfiler) o de proyección (manzana-universo), comparación espesor y diámetro espesor de cabello), tamaño forma y estado (balón de fútbol partícula de polvo).</p> <p>Frente a esto es indispensable conocer si el estudiante entiende la analogía seleccionada dado que las analogías no se construyen más allá de los límites de nuestra representación pictórica.</p>	4	3	4	3	
3 -Cuellar López (2009)	<p>La representaciones mentales que elaboramos de la materia pueden llegar a dificultar el proceso de enseñanza aprendizaje, el hecho de pensar los átomos como partículas, nos permite otorgarle una forma definida, explicación de las propiedades físicas a partir de estas representaciones; poder analizar como el estudiante piensa la estructura interna de la materia, como representa las partículas</p>	4	3	4	4	

	<p>que conforman un material, nos da la posibilidad de apreciar las ideas de discontinuidad y la noción de vacío: luego de la intervención del aula estas representaciones han de modificarse o por lo menos complementarse o ampliarse.</p> <p>Con esta tarea se pretendía averiguar si los estudiantes reconocen la materia como algo formado por átomos o moléculas, si su concepción de la materia era microscópica y si la clasificaban como elemento, compuesto o mezcla Cuellar (2009).</p>					
4-Capuano et. Al (2007)	<p>No solo es importante reconocer la composición de la materia en términos microscópicos, es necesario indagar acerca de la claridad de los estudiantes alrededor de los niveles de organización y constitución de la materia.</p> <p>Este ítem indaga sobre si el átomo es la parte más pequeña que constituye a seres vivos y no vivos Capuano et al (2007).</p> <p>Las representaciones obedecen a una cierto lenguaje mental que estructura y da sentido a aquello que se percibe, por lo tanto tener claridad del orden subyacente (fruto de la evidencia empírica) permite dar sentido a la constitución de la materia.</p>	4	3	4	4	<p>Biológicamente la parte más pequeña que constituye un ser vivo es la célula. Desde el punto de vista químico ya es otra cosa.</p>
5-Construcción propia	<p>La mente construye modelos internos del mundo externo, haciendo uso de estos para razonar y tomar decisiones, estos modelos son reproducidos tomando elementos y atributos más característicos. Estos modelos pueden dar como resultado imágenes análogas de aquello que se quiere representar. Los modelos mentales son constructos que se concretan con datos que en un momento dado percibe el individuo, procesándose en la memoria a corto plazo. Muchas de las construcciones que se elaboran son fruto de imágenes de libros de texto, iconos de la web entre otros, que permiten al individuo generar en un momento determinado una respuesta cuando está enfrentado a una situación específica; a pesar de dar una respuesta se puede correr el riesgo que la representación elaborada carezca de un proceso de funcionalidad o asignación de relaciones.</p>	4	3	4	4	

6-Construcción propia	<p>Las imágenes tienen una relación con los elementos que la constituyen, operan bajo relaciones de elementos que pretenden dar cuenta de una realidad, observar una imagen es deconstruir el pensamiento, es la invitación a dar sentido a un código que está inmerso, escudriñando detalles que den significado global a la representación. Muy a pesar de que las imágenes planteadas no correspondan a la realidad, existen elementos que obedecen a una base conceptual o empírica, siendo la evidencia de una forma de ver las leyes que obedecen a una coherencia aparente pero que sin embargo demanda un análisis profundo.</p> <p>Indagar acerca de ¿cuáles modelos acerca del átomo construyen los estudiantes cuando se dan algunos indicios o pautas para su construcción?, intenta revelar el juego entre la creación interna y externa, y el uso de una información externa que entra a competir con sus elaboraciones interiores.</p>	4	4	4	4
7-Cokelez & Dumon (2005)	<p>Generalmente las representaciones que de una molécula se realiza no involucra los aspectos relacionados con la estructura atómica lo que puede conducir a una indiferenciación y confusión entre lo que es un átomo y lo que es una molécula. Los esquemas elaborados comúnmente a partir de esferas no involucran la existencia de orbitales y por ende la presencia de electrones enlazantes y anti-enlazantes, generando errores que van desde una inadecuada representación de los enlaces entre los átomos, errores en la representación de los ángulos de enlace, entre otros.</p> <p>Por lo anterior se hace necesario indagar acerca de la imagen que de molécula posee el estudiante.</p>	4	3	4	4
8-Adaptación Documento electrónico	<p>Dentro de los modelos, el modelo atómico más simple para interpretar la estructura interna de una sustancia es el modelo de Dalton, así la simplicidad de este modelo conduce a que no se dé cuenta de la diversidad de estructuras de las sustancias elementales y los compuestos.</p> <p>De este modo se crea una imagen que las sustancias elementales están</p>	4	3	4	4

	<p>siempre formadas por átomos y que los compuestos están formados por moléculas, así los estudiantes no logran reconocer la existencia de sustancias no metálicas formadas por moléculas (N_2, H_2) y estructuras gigantes, formadas por átomos unidos fuertemente de manera ininterrumpida (compuestos iónicos, atómicos covalente y redes metálicas).</p>				
9-Adaptación Documento electrónico	<p>Debido a la naturaleza cambiante del conocimiento científico, es necesario indagar acerca de la claridad que se posee alrededor de los modelos, siendo estos la representación de un objeto o idea diseñado con un objetivo específico, (explicar, mostrar, relacionar), por lo tanto no son absolutas, por el contrario son cambiantes, son fruto del consenso y de las nuevas evidencias que responden a los objetivos para los cuales fueron diseñados.</p>	3	3	4	4
10-Documento electrónico	<p>La naturaleza representacional del conocimiento, no resulta tan evidente para los estudiantes, aunque los modelos mentales permitan al individuo explicar y hacer previsiones del sistema físico representado, en este caso una mezcla de dos sustancias. De este modo la representación planteada establece que quien analice la representación pueda leer o inferir directamente ciertas propiedades de las componentes del sistema. Sin embargo, es necesario indagar acerca de la ocurrencia de la lectura de la representación presentada y la forma como es argumentada la elección pues de esta es posible dar diferentes explicaciones, sin que ellas resulten del todo erróneas, de lo que se trata es recoger información acerca de la forma como el individuo interpreta lo que se le suministra representado. Con la información suministrada durante la intervención, el individuo habrá elaborado modelos mentales consistentes y por lo tanto dará cuenta en la mejora de su interpretación.</p>	4	4	4	4
11,12,13 y 14- Cuellar (2009)	<p>Desde la investigación llevada a cabo por Cuellar (2009), los ítem planteados buscan en orden respectivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> (11). Indagar la concepción de la naturaleza discontinua o continua de la materia desde 	4	3	4	4

	<p>cómo se piensa el fenómeno involucrando distintos niveles de representación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • (12) Determinar la concepción de la materia de manera micro, constituida por átomos y moléculas al igual que la teoría cinético molecular. • (13) corroborar si la concepción de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia era micro o macro, si era discontinua o continua y si sus componentes internos tenían movimiento intrínseco. • (14) averiguar si la concepción de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia era micro o macro, si era discontinua o continua y si sus componentes internos tenían movimiento intrínseco. 				
15-Suyonyo & Yulianti (2015)	<p>Para garantizar que las representaciones realizadas gozan de una adecuada interpretación y garantizar que la intervención tuvo efecto en la representación que del núcleo elaboran los sujetos, además que la propuesta pedagógica aplicada al grupo experimental tuvo efecto significativo se incluye este ítem retomado de la investigación llevada a cabo por Suyonyo & Yulianti (2015). El nivel de representación simbólico es fundamental en la química y permite simplificar todo el recorrido al que es sometido el estudiante en una estrategia de múltiple representación, por ello es vital recopilar información acerca de las dificultades que pueda generar la movilidad funcional por los niveles de representación en química.</p>	3	3	4	3
16-Suyonyo & Yulianti (2015)	<p>Las representaciones que de los átomos y moléculas elaboran los estudiantes pueden reducirse a simples regla de memorización, colores distintos (moléculas), colores iguales (elementos), por lo tanto es importante recopilar datos acerca sobre el nivel de comprensión alcanzados a partir de las representaciones mentales y la propuesta de un modelo conceptual que representa el cambio físico y el cambio químico a nivel microscópico, que muy recurrente puede llevar a</p>	4	3	4	4

	análisis desde el nivel macro.					
17-Villaros (2012)	<p>La comprensión de la estructura nuclear debe conllevar a la elaboración de modelos que puedan ser verbalizados, desde la conceptualización del núcleo y los procesos de fisión y fusión nuclear. Si una representación del núcleo es bien elaborada puede permitir anticipar o prever situaciones, tales como lo planteado en la pregunta. Entender la estructura nuclear debe favorecer la construcción de imágenes mentales de experimentos o proyecciones a partir de problemas abiertos que requieren para su resolución la evocación de la información contenida en un modelo.</p>	4	4	4	3	<p>Considero que la estructura y el comportamiento nuclear se abarca mejor desde la perspectiva de la física.</p>
18-Villaros (2012)	<p>Las representaciones no pueden ser entes aislados de la realidad y deben permitir perfeccionar las ideas que entorno a los átomos se ha consensado en la comunidad científica, dando cabida a explicaciones y conflictos que sobre el nivel macro hemos construido desde la información sensorial con la cual nos encontramos a diario. Por ello es importante que se identifique los alcances de los modelos para realizar deducciones que en muchas ocasiones van en contra de las ideas que del mundo tenemos.</p>	4	4	4	3	
19 y 20- Construcción propia	<p>Recoge información del nivel inicial con el que llega el estudiante para analizar su evolución y su posible relación con las variables involucradas en este estudio. Sirve de dato de entrada para ver como pusiera haber un aumento significativo luego de realizada la intervención en el aula, pues recoge los principales conceptos y representaciones que de ellos elaboran los estudiantes, antes de un desarrollo curricular y una vez finalizado este.</p>	4	3	4	4	

Anexo 3: Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Ítem	N	Parámetros normales ^{a,b}		Máximas diferencias extremas			Estadístico de prueba	Sig. asintótica(bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Absoluto	Positivo	Negativo		
1. Átomo nivel de representación con palabras	129	3,79	1,157	0,277	0,242	-0,277	0,277	,000 ^c
2. Molécula nivel de representación con palabras	129	2,71	1,696	0,301	0,301	-0,164	0,301	,000 ^c
3. Átomo nivel de representación significado	129	3,66	2,340	0,213	0,213	-0,148	0,213	,000 ^c
4. Molécula nivel de representación significado	129	4,16	1,308	0,267	0,191	-0,267	0,267	,000 ^c
5. Átomo nivel de representación forma	129	2,92	1,229	0,262	0,205	-0,262	0,262	,000 ^c
6. Molécula nivel de representación forma	129	2,98	1,237	0,290	0,206	-0,290	0,290	,000 ^c
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	129	4,00	1,668	0,236	0,159	-0,236	0,236	,000 ^c
8. Molécula nivel de representación a partir de imagen (humo carro)	129	4,00	1,668	0,236	0,159	-0,236	0,236	,000 ^c
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (gota de agua)	129	4,71	1,568	0,299	0,197	-0,299	0,299	,000 ^c
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O2)	129	4,16	1,772	0,230	0,134	-0,230	0,230	,000 ^c
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	129	3,55	1,414	0,253	0,220	-0,253	0,253	,000 ^c
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio	129	3,64	0,934	0,478	0,344	-0,478	0,478	,000 ^c
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	129	3,32	0,984	0,322	0,244	-0,322	0,322	,000 ^c
14. Fenomeno disolución nivel representación	129	1,81	1,024	0,278	0,278	-0,215	0,278	,000 ^c
15. Organización conceptual	129	2,09	0,939	0,321	0,273	-0,321	0,321	,000 ^c
16. Fenómenos difusión nivel	129	2,30	1,177	0,307	0,307	-0,220	0,307	,000 ^c
17. Organización átomo	129	2,46	0,893	0,457	0,272	-0,457	0,457	,000 ^c
18. Organización molécula	129	2,27	0,966	0,410	0,270	-0,410	0,410	,000 ^c

Anexo 4: Estructura instrumento Test niveles representación atómico-molecular versión 2.

Ítem	Fuente	Objetivo del ítem (Determinar)	Niveles
1. Átomo nivel de representación con palabras	Elaboración propia	Representación Verbal del átomo	Microscópico Macroscópico Simbólico
2. Molécula nivel de representación con palabras	Elaboración propia	Representación Verbal de la molécula	Microscópico Macroscópico Simbólico
3. Átomo nivel de representación significado	Adaptación insumo de cuestionario realizado por Martín et al (1990)	Representación noción átomo	Microscópico Macroscópico Simbólico
4. Molécula nivel de representación significado	Adaptación insumo de cuestionario realizado por Martín et al (1990)	Representación noción molécula	Microscópico Macroscópico Simbólico
5. Átomo nivel de representación forma	Adaptación insumo de cuestionario realizado por Chu & Hong , (2010)	Representación verbal de la forma de los átomos	Microscópico Macroscópico Simbólico
6. Molécula nivel de representación forma	Adaptación insumo de cuestionario realizado por Chu & Hong , (2010)	Representación verbal de la forma de las moléculas	Microscópico Macroscópico Simbólico
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	Adaptación insumo cuestionario realizado por Uria, Lecumberry, & Orlando (2012)	Representación a través de imágenes	Microscópico Macroscópico Simbólico
8. Molécula nivel de representación de imagen (humo)	Adaptación insumo cuestionario realizado por Uria, Lecumberry, & Orlando (2012)	Representación a través de imágenes	Microscópico Macroscópico Simbólico
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (agua)	Adaptación insumo cuestionario realizado por Uria, Lecumberry, & Orlando (2012)	Representación a través de imágenes	Microscópico Macroscópico Simbólico
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O ₂)	Adaptación insumo cuestionario realizado por Uria, Lecumberry, & Orlando (2012)	Representación a través de imágenes	Microscópico Macroscópico Simbólico
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	Adaptación insumo cuestionario realizado por Martínez Losada, García Barros, & Rivadulla López (2009).	Representación a través de imágenes mentales	Microscópico Macroscópico Simbólico
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio	Adaptación insumo cuestionario realizado por Martínez Losada, García Barros, & Rivadulla López (2009).	Representación a través de imágenes mentales	Microscópico Macroscópico Simbólico
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	Elaboración propia	Representación de las sustancias mediante dibujo	Microscópico Macroscópico Simbólico
14. Fenómeno disolución nivel representación	Elaboración propia	Representación de fenómenos cotidianos	Microscópico Macroscópico Simbólico
15. Organización conceptual	Tomado de Capuano et al (2007)	Representación u organización que da a los conceptos	Global/ Analítico /Taxonómico
16. Fenómenos difusión nivel	Tomado de Cuéllar López (2009)	Representación de fenómenos cotidianos	Microscópico Macroscópico Simbólico
17. Organización átomo	Elaboración propia	Representación a través de imagen del átomo	Global/ analítico /taxonómico
18. Organización molécula	Elaboración propia	Representación a través de imagen de la molécula	Global/ Analítico /taxonómico

Anexo 5: Estadísticos descriptivos y de contraste grupo control grado sexto

Ítem	N	Z	Sig. asintót. (bilateral)	Media pretest	Media postest	Desv. Desviación pretest	Desv. Desviación postest
1. Átomo nivel de representación con palabras	27	-3,617 ^c	,000	2,67	4,11	1,359	0,847
2. Molécula nivel de representación con palabras	27	-2,558 ^d	,011	2,89	1,74	1,219	1,318
3. Átomo nivel de representación significado pretest.	27	-1,236 ^d	,216	4,19	3,33	1,688	2,465
4. Molécula nivel de representación significado	27	-1,278 ^d	,201	4,78	4,52	1,219	1,014
5. Átomo nivel de representación forma	27	-,022 ^c	,982	2,67	2,67	1,271	1,359
6. Molécula nivel de representación forma	27	-,266 ^c	,790	3,00	3,07	1,271	1,107
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	27	-3,502 ^c	,000	2,89	4,74	1,311	1,196
8. Molécula nivel de representación de imagen (humo)	27	-3,602 ^c	,000	2,85	4,74	1,199	1,196
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (agua)	27	-4,530 ^c	,000	2,74	5,37	1,130	0,884
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O ₂)	27	-3,377 ^c	,001	2,56	4,59	1,281	1,647
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	27	-1,315 ^d	,189	4,26	3,78	1,196	1,155
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio	27	-,898 ^c	,369	3,63	3,85	1,079	0,770
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	27	-1,032 ^d	,302	3,41	3,22	0,694	0,801

REPRESENTACIONES EN QUÍMICA Y ESTILO COGNITIVO

164

14. Fenómeno disolución nivel representación	27	-,839 ^b	0,401	1,96	1,70	1,192	1,068
15. Organización conceptual	27	-2,301 ^b	0,021	2,63	2,07	0,565	0,997
16. Fenómenos difusión nivel	27	-1,849 ^b	0,064	2,89	2,33	1,311	0,961
17. Organización átomo	27	-,378 ^b	0,705	2,70	2,63	0,724	0,792
18. Organización molécula	27	-,577 ^c	0,564	2,26	2,41	0,984	0,931

b Se basa en rangos positivos. c Se basa en rangos negativos.

Anexo 6: Estadísticos descriptivos y de contraste grupo experimental grado sexto.

Ítem	N	Z	Sig. asintót. (bilateral)	Media pretest	Media posttest	Desv. Desviación pretest	Desv. Desviación posttest
1. Átomo nivel de representación con palabras	29	-3,435 ^c	,001	2,93	4,21	1,280	,819
2. Molécula nivel de representación con palabras	29	-,095 ^d	,925	2,93	3,17	1,361	1,338
3. Átomo nivel de representación significado	29	-,721 ^d	,471	4,21	3,21	1,612	2,366
4. Molécula nivel de representación significado	29	-,040 ^c	,968	4,28	4,55	1,509	,783
5. Átomo nivel de representación forma.	29	-1,927 ^c	,050	2,52	2,86	1,430	1,246
6. Molécula nivel de representación forma	29	-,971 ^c	,331	2,55	3,66	1,378	,814
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	29	-3,799 ^c	,000	3,14	3,62	,743	1,840
8. Molécula nivel de representación a partir de imagen (humo carro)	29	-3,872 ^c	,000	2,83	3,62	1,227	1,840
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (gota de agua)	29	-4,511 ^c	,000	3,21	4,69	1,114	1,583
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O2)	29	-3,602 ^c	,000	3,79	3,62	2,059	1,321
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	29	-3,165 ^c	,002	3,41	3,76	1,350	,786
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)microscopio	29	-3,646 ^c	,000	3,17	3,07	1,441	1,252
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	29	-2,314 ^c	,021	3,14	3,22	1,187	0,801
14. Fenómeno disolución nivel representación	29	-,840 ^c	0,401	1,55	1,79	0,827	0,902
15. Organización conceptual	29	-1,960 ^b	0,050	2,21	1,76	0,726	0,912

REPRESENTACIONES EN QUÍMICA Y ESTILO COGNITIVO							166
16. Fenómenos difusión nivel	29	-,212 ^c	0,832	2,41	2,45	1,240	1,378
17. Organización átomo	29	-2,111 ^b	0,035	2,72	2,24	0,702	0,988
18. Organización molécula	29	-1,155 ^b	0,248	2,52	2,24	0,871	0,988

b Se basa en rangos positivos. c Se basa en rangos negativos.

Anexo 7: Estadísticos de contraste grupo control y experimental grado sexto^a

Ítem	Pretest				Postest			
	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asintótica (bilateral)	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asintótica (bilateral)
1. Átomo nivel de representación con palabras	351,000	729,000	-0,714	0,475	374,500	752,500	-0,322	0,747
2. Molécula nivel de representación con palabras	361,500	739,500	-0,533	0,594	191,500	569,500	-3,498	0,000
3. Átomo nivel de representación significado	381,500	816,500	-0,170	0,865	380,000	815,000	-0,200	0,841
4. Molécula nivel de representación significado	297,500	732,500	-1,593	0,111	384,000	762,000	-0,134	0,893
5. Átomo nivel de representación forma.	382,500	817,500	-0,158	0,875	368,000	746,000	-0,411	0,681
6. Molécula nivel de representación forma	322,000	757,000	-1,227	0,220	255,000	633,000	-2,605	0,009
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	381,000	816,000	-0,186	0,852	246,000	681,000	-2,454	0,014
8. Molécula nivel de representación a partir de imagen (humo carro)	390,000	825,000	-0,026	0,979	246,000	681,000	-2,454	0,014
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (gota de agua)	281,500	659,500	-1,936	0,050	310,000	745,000	-1,507	0,132
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O2)	336,500	714,500	-0,957	0,339	304,000	739,000	-1,478	0,139
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	245,000	680,000	-2,537	0,011	367,000	745,000	-0,434	0,664
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)microscopio	303,000	738,000	-1,639	0,101	389,500	767,500	-0,054	0,957
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	383,500	818,500	-0,145	0,884	367,000	745,000	-0,437	0,662
14. Fenómeno disolución nivel representación	328,500	763,500	-1,148	0,251	339,000	717,000	-0,950	0,342
15. Organización conceptual	265,500	700,500	-2,299	0,021	326,000	761,000	-1,197	0,231
16. Fenómenos difusión nivel	318,000	753,000	-1,294	0,196	376,500	811,500	-0,263	0,792
17. Organización átomo	387,500	765,500	-0,108	0,914	315,500	750,500	-1,592	0,111
18. Organización molécula	341,000	719,000	-1,040	0,299	359,000	794,000	-0,650	0,516

a. Variable de agrupación: Control-Experimental

Anexo 8: Estadísticos de prueba.

ítem	G. Control 6 grado pretest			G. Experimental 6 grado pretest			G. Control 6 grado posttest			G. Experimental 6 grado posttest		
	Chi-cuadrado	g	Sig. asintót	Chi-cuadrado	g	Sig. asintót	Chi-cuadrado	g	Sig. asintót	Chi-cuadrado	g	Sig. asintót
1. Átomo nivel de representación con palabras	3,946	2	,139	1,163	2	,559	1,775	2	0,412	0,758	2	0,685
2. Molécula nivel de representación con palabras	4,487	2	,106	,671	2	,715	3,874	2	0,144	7,392	2	0,025
3. Átomo nivel de representación significado	,975	2	,614	2,898	2	,235	1,672	2	0,433	0,563	2	0,755
4. Molécula nivel de representación significado	,007	2	,997	3,598	2	,166	3,693	2	0,158	0,392	2	0,822
5. Átomo nivel de representación forma.	0,000	2	1,000	3,271	2	,195	0,602	2	0,740	1,302	2	0,522
6. Molécula nivel de representación forma	1,893	2	,388	1,551	2	,460	12,604	2	0,002	2,622	2	0,270
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	,320	2	,852	3,739	2	,154	1,110	2	0,574	1,103	2	0,576
8. Molécula nivel de representación a partir de imagen (humo carro)	,071	2	,965	,841	2	,657	1,110	2	0,574	1,103	2	0,576
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (gota de agua)	,526	2	,769	6,314	2	,043	0,099	2	0,952	0,909	2	0,635
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O2)	2,515	2	,284	1,350	2	,509	2,515	2	0,284	1,350	2	0,509
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	1,211	2	,546	2,191	2	,334	1,419	2	0,492	0,667	2	0,716
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)microscopio	1,706	2	,426	,834	2	,659	0,233	2	0,890	4,127	2	0,127
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	,606	2	,739	1,263	2	,532	3,220	2	0,200	2,744	2	0,254
14. Fenómeno disolución nivel representación	0,376	2	0,828	3,167	2	0,205	5,036	2	0,081	0,296	2	0,862
15. Organización conceptual	3,316	2	0,190	3,538	2	0,170	0,484	2	0,785	0,945	2	0,623
16. Fenómenos difusión nivel	0,050	2	0,975	1,552	2	0,460	0,938	2	0,626	2,934	2	0,231
17. Organización átomo	0,692	2	0,707	1,687	2	0,430	1,643	2	0,440	4,476	2	0,107
18. Organización molécula	0,329	2	0,848	2,106	2	0,349	4,063	2	0,131	2,392	2	0,302

Variable de agrupación: Estilo cognitivo

Anexo 9: Estadísticos descriptivos y de contraste grupo control grado décimo.

	N	Z	Sig. Asintótica (bilateral)	Media pretest	Media posttest	Desv. pretest	Desv. posttest
1. Átomo nivel de representación con palabras	32	-3,065 ^b	0,002	2,13	3,09	1,408	1,174
2. Molécula nivel de representación con palabras	32	-1,155 ^b	0,248	2,88	3,34	1,264	1,825
3. Átomo nivel de representación significado pretest	32	-1,715 ^b	0,086	3,69	4,28	1,491	2,174
4. Molécula nivel de representación significado	32	-,333 ^c	0,739	3,94	3,81	1,795	1,749
5. Átomo nivel de representación forma	32	-2,832 ^b	0,005	2,47	3,41	1,295	0,798
6. Molécula nivel de representación forma	32	-,497 ^b	0,619	2,47	2,56	1,502	1,366
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	32	-3,903 ^b	0,000	2,50	4,31	1,244	1,731
8. Molécula nivel de representación de imagen (humo)	32	-4,217 ^b	0,000	1,63	4,31	1,212	1,731
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (agua)	32	-4,064 ^b	0,000	2,22	4,72	1,431	1,591
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O ₂)	32	-4,416 ^b	0,000	1,91	4,63	1,304	1,581
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	32	-3,013 ^b	0,003	2,22	3,53	1,497	1,545
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio	32	-2,832 ^b	0,005	2,56	3,47	1,501	1,077
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	32	-,953 ^c	0,341	3,66	3,47	0,787	0,803
14. Fenómeno disolución nivel representación	32	-,725 ^c	0,468	1,72	1,69	0,457	0,998
15. Organización conceptual	32	-2,542 ^b	0,011	1,68	2,22	0,599	0,941
16. Fenómenos difusión nivel	32	-,556 ^b	0,578	2,16	2,25	0,884	1,270
17. Organización átomo	32	-1,134 ^b	0,257	2,56	2,75	0,840	0,672
18. Organización molécula	32	-,500 ^b	0,617	2,00	2,13	1,016	1,008

b. Se basa en rangos positivos. c. Se basa en rangos negativos.

Anexo 10: Estadísticos descriptivos y de contraste grupo experimental grado décimo.

Ítem	N	Z	Sig. Asintótica (bilateral)	Media pretest	media postest	Desviación típica pretest	Desviación típica postest
1. Átomo nivel de representación con palabras	41	-3,435 ^b	0,001	2,54	3,83	1,416	1,174
2. Molécula nivel de representación con palabras	41	-,095 ^c	0,925	2,61	2,54	1,302	1,825
3. Átomo nivel de representación significado pretest	41	-,721 ^c	0,471	4,00	3,71	1,775	2,174
4. Molécula nivel de representación significado	41	-,040 ^b	0,968	3,90	3,90	1,772	1,749
5. Átomo nivel de representación forma	41	-1,927 ^b	0,050	2,27	2,76	1,361	0,798
6. Molécula nivel de representación forma	41	-,971 ^b	0,331	2,51	2,78	1,344	1,366
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	41	-3,799 ^b	0,000	2,17	3,54	1,321	1,731
8. Molécula nivel de representación de imagen (humo)	41	-3,872 ^b	0,000	2,10	3,54	1,411	1,731
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (agua)	41	-4,511 ^b	0,000	2,44	4,27	1,397	1,591
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O ₂)	41	-3,602 ^b	0,000	2,41	3,75	1,322	1,581
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	41	-3,165 ^b	0,002	2,46	3,37	1,629	1,545
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio	41	-3,646 ^b	0,000	2,56	3,56	1,433	1,077
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	41	-2,314 ^b	0,021	2,88	3,44	1,400	0,803
14. Fenómeno disolución nivel representación	41	-1,917 ^b	0,050	1,72	1,69	0,457	0,998
15. Organización conceptual	41	-1,273 ^b	0,203	1,68	2,22	0,599	0,941
16. Fenómenos difusión nivel	41	-,559 ^c	0,576	2,39	2,22	1,046	1,107
17. Organización átomo	41	-1,604 ^c	0,109	2,56	2,27	0,838	0,975
18. Organización molécula	41	-2,041 ^b	0,041	1,83	2,32	0,998	0,960

Anexo 11: Estadísticos de contraste grupo control y experimental grado décimo

Ítem	Pretest				Postest			
	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asintótica (bilateral)	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asintótica (bilateral)
1. Átomo nivel de representación con palabras	559,000	1087,000	-1,193	0,233	407,000	935,000	-2,925	0,003
2. Molécula nivel de representación con palabras	579,500	1440,500	-0,904	0,366	493,500	1354,500	-1,942	0,052
3. Átomo nivel de representación significado	554,000	1082,000	-1,169	0,242	557,500	1418,500	-1,125	0,260
4. Molécula nivel de representación significado	634,000	1495,000	-0,250	0,803	654,500	1182,500	-0,017	0,986
5. Átomo nivel de representación forma.	610,500	1471,500	-0,545	0,586	513,500	1374,500	-1,716	0,086
6. Molécula nivel de representación forma	640,500	1168,500	-0,185	0,853	604,000	1132,000	-0,617	0,537
7. Átomo nivel de representación a partir de imagen (puntilla)	574,000	1435,000	-0,983	0,326	471,500	1332,500	-2,206	0,027
8. Molécula nivel de representación a partir de imagen (humo carro)	546,000	1074,000	-1,504	0,133	471,500	1332,500	-2,206	0,027
9. Molécula nivel de representación a partir de imagen (gota de agua)	607,000	1135,000	-0,601	0,548	566,500	1427,500	-1,050	0,294
10. Molécula nivel de representación a partir de imagen (tanque O2)	528,000	1056,000	-1,570	0,116	459,000	1279,000	-2,178	0,029
11. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)	615,500	1143,500	-0,505	0,614	604,500	1465,500	-0,605	0,545
12. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar)microscopio	644,500	1505,500	-0,142	0,887	639,000	1167,000	-0,268	0,789
13. Molécula nivel de representación sustancia cotidiana (azúcar) microscopio dibujo	480,500	1341,500	-2,326	0,020	617,000	1145,000	-0,513	0,608
14. Fenómeno disolución nivel representación	548,000	1409,000	-1,410	0,158	551,000	1079,000	-1,273	0,203
15. Organización conceptual	529,500	1025,500	-1,291	0,197	652,500	1180,500	-0,043	0,965
16. Fenómenos difusión nivel	588,500	1116,500	-0,875	0,382	636,000	1164,000	-0,237	0,813
17. Organización átomo	655,500	1516,500	-0,008	0,994	498,000	1359,000	-2,311	0,021
18. Organización molécula	600,000	1461,000	-0,722	0,470	593,000	1121,000	-0,832	0,406

a. Variable de agrupación: Control-Experimental

