

CAMBIO EN LOS MODELOS CONCEPTUALES ESCOLARES SOBRE LA INTERACCIÓN MATERIA Y ENERGÍA EN UN ENTORNO CIENCIA TECNOLOGÍA SOCIEDAD Y AMBIENTE

John J. Bermúdez Loaiza^a, Francisco J. Ruiz Ortega^{b,*,} y Milton Rosero-Moreano^{a,*,}

^aDepartamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, C.P. 170001 Manizales, Colombia

^bFacultad de Artes y Humanidades, Universidad de Caldas, C.P. 170004 Manizales, Colombia

Recebido em 12/12/2018; aceito em 25/04/2019; publicado na web em 07/08/2019

CHANGE IN CONCEPTUAL SCHOOL MODELS ON THE MATTER AND ENERGY INTERACTION IN A SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY AND ENVIRONMENT FRAMEWORK. The main goal consisted in the characterization of gradual concepts according to the categories of physical and chemical processes. The first step was to identify preceding notions about this principle of interaction in daily happenings, followed by the implementation of didactic interventions in order to appropriate the concept, and, finally, the determination of better acceptance of mental representations. This proposal has promoted the comprehension of the universe at macroscopic and microscopic levels and fosters constructive attitudes towards the study of science. This study is based on the corpuscular theory of matter and its interaction with light as a form of energy. The approach is based on a qualitative methodology with a comprehensive – descriptive perspective. A group of twenty-two students was analyzed at a generalized level in the mentioned categories and also, an insightful analysis of three learners with the purpose of determining changes in their cognitive representations. Paralleling the initial test with the final one, it was established that 31.8% of the pupils is placed on the physical – process category, 63.6% on the chemical – process category, and only 4.5% of them does not indicate the interaction; this evidences the progressive conceptual change and the gradual distancing of previous ideas.

Keywords: conceptual change; matter-energy interaction; STSE framework; physical processes; chemical processes.

INTRODUCCIÓN

El trabajo presenta una estrategia de enseñanza fundamentada en una organización teórica de problemas científicos que van más de temáticas que a menudo se enseñan en clase de ciencias, en particular cuando se tratan los capítulos de materia y energía. La estrategia se apoya en los estudios que desde didáctica de las ciencias se han hecho sobre la enseñanza y el aprendizaje en el ámbito del Modelo de Cambio Conceptual (MCC).¹ En este contexto se estudian como categorías los procesos físicos, los procesos químicos y los procesos supramoleculares, igualmente se presenta una importante recopilación de estudios sobre Cambio Conceptual y el enfoque Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente (CTSA) que sumados, terminan con disertaciones sobre una enseñanza innovadora de los conceptos de energía y materia, de su interacción en las perspectivas de los procesos físicos (en fenómenos macroscópicos tales como la reflexión y la transmisión) los procesos químicos (en fenómenos microscópicos como la absorción y la emisión, etc.), especialmente de la luz como forma de energía en interacción con la materia.² De cierta manera, promover concepciones de la categoría de procesos físicos a la categoría de procesos químicos o supramoleculares puede favorecer en los estudiantes una transición entre los niveles de representación en el aprendizaje de la química,³ lo cual se puede conseguir a través de mediaciones didácticas pertinentes.

Muchos conceptos de química son abstractos que deben estar mediados por interpretaciones simbólicas y la construcción de modelos mentales para su comprensión. El nivel de pensamiento macroscópico en química, generalmente corresponde con representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa. El nivel submicroscópico, corresponde con representaciones

abstractas y el nivel simbólico, involucra las diferentes formas de expresión de conceptos químicos. El estudiante tiende a explicar fenómenos químicos usando, un criterio visual relacionado con propiedades macroscópicas, desconociendo comportamientos microscópicos. Atendiendo a esta situación, en conceptualización sobre interacción materia y energía, se proponen las categorías procesos físicos, procesos químicos y procesos supramoleculares,² en correspondencia con los niveles macroscópico y submicroscópico de comprensión de la química.³

La categoría de procesos físicos, se plantea en correspondencia con el nivel macroscópico de representación propuesto por Johnstone,³ en esta categoría la conceptualización de interacción se realiza principalmente desde los fenómenos de reflexión y transmisión, la comprensión de estas interacciones permite la explicación diversa de fenómenos a partir de la percepción en los estudiantes. La categoría de procesos químicos, involucra principalmente fenómenos de absorción y emisión, estos fenómenos, en términos de Johnstone,³ permiten explicación de sucesos en el nivel submicroscópico que tienen su lugar por ejemplo en las reacciones, absorción y emisión vistos como interacción de la energía con la materia, son fundamento para la explicación de la teoría dual de la luz, onda - partícula. Lograr una transición mediante cambio conceptual de una categoría de procesos físicos a la categoría de procesos químicos como lo plantea Estella,² tiene su correspondencia con una transición del nivel macroscópico al nivel submicroscópico descrito por Johnstone.³

El niño, tiene nociones relacionadas con conceptos propios de las ciencias. Este supuesto hace pensar que pasar de las ideas de sentido común a los conceptos de la ciencia tiene sus bases en los conocimientos cotidianos; hipótesis de relación entre los conocimientos cotidianos y científicos en el Modelo de Cambio Conceptual (MCC) según Stella Vosniadou,^{4,5} quien introduce una etapa intermedia, en donde las dos estructuras teóricas se reconcilian, dando con esto una visión de continuidad entre los conocimientos

*e-mail: milton.rosero@ucaldas.edu.co

[#]Grupo de Investigación Cognición y Educación, Programa Reconstrucción del Tejido Social en Zonas del Post-conflicto en Colombia, Código 2012917

cotidianos y científicos. Para esta autora, cambio conceptual, está relacionado con un proceso por el cual las teorías específicas y sus respectivos conceptos entran en “contacto” con las teorías y conceptos de la ciencia.

Desarrollar modelos explicativos exitosos debe ser un objetivo central de las ciencias. Un modelo debe ser visto como un medio que permite que una teoría adquiera sentido cuando un sujeto está en capacidad de dar explicaciones o hacer predicciones sobre un fenómeno determinado.

De esta manera, un modelo explicativo se considera un tipo importante de cambio conceptual según Lawson, Clark *et al.*⁵ Un modelo explicativo de tipo científico es una representación de la realidad en algún medio simbólico que permite pensar, hablar y actuar en torno a un concepto abstracto, al cual se llega por medio de la interacción escolar.⁶

Seguir lineamientos del entorno Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), contribuye a un cambio gradual en las concepciones del estudiante en un contexto rural que requiere de actitudes favorables hacia la ciencia, la implementación de tecnologías que propicien el desarrollo de esta comunidad y una formación ambiental consciente. La ausencia de actitudes favorables hacia una ciencia se atribuye a enseñanzas descontextualizadas de conceptos y a rutas memorístico-repetitivas, poco interpretativas de estos, según Acevedo y Manassero.⁷

El concepto de energía, enseñado en términos de interacción con materia, promueve su comprensión. Enseñar este concepto en forma contextualizada, facilita una mejor interpretación de una realidad tecnológica, social y ambiental. El estudiante debe reconocer la energía como una propiedad de los cuerpos y debe considerar que las transferencias de energía son el resultado de la interacción entre los cuerpos y los sistemas. La concepción de interacción entre materia y energía conlleva a cambios conceptuales de mayor aceptación o validez. El concepto de energía adquiere más significado cuando se utiliza en interrelación con otros conceptos; se vuelve más amplio y de mayor poder explicativo.⁸ Hablar de interacción entre materia y energía, adquiere más interés según la definición de Maxwell 1877.⁹

La concepción de naturaleza discontinua de materia es una idea contra-intuitiva frente a la apariencia continua con que se percibe, de ahí la dificultad en su comprensión y aplicación, cuando se quieren explicar fenómenos macroscópicos. Al dar un paso conceptual, un estudiante podrá interpretar los fenómenos materiales, en términos de un sistema de interacciones dinámicas entre las partículas en movimiento intrínseco continuo separadas por vacío en el espacio.¹⁰

La interacción entre materia y energía permite comprensión de fenómenos existentes en el universo, su enseñanza permite determinar el comportamiento, la transformación y los cambios que se puedan dar en la materia. En química muchas incomprendiones sobre materia, obedecen a la ausencia de interpretación macroscópica, microscópica y de relación entre éstos niveles según Gabel, 1998; citado por Furió Más, C.J. y Furió, C.¹¹ En la enseñanza de las ciencias naturales es poca la conexión que se da entre las situaciones reales y los contenidos científicos que se imparten, o sea la llamada “contextualización de la ciencia”.¹² El paso de la enseñanza de los cambios de la materia en términos de sus interacciones a su correspondiente conservación no es simple, se requiere que los estudiantes comprendan que como resultado de una interacción entre dos cuerpos o sistemas, se producen cambios de la propiedad llamada energía.

La química estudia cómo interactúa una radiación electromagnética con los átomos y las moléculas. La física investiga las interacciones fundamentales entre energía y materia; las fuerzas eléctricas y electromagnéticas presentes en los átomos y las moléculas, pueden cambiar debido a interacciones con energías presentes en nuestro planeta como la luz y sus diferentes fenómenos.¹³⁻¹⁵

Mediaciones didácticas sobre los fenómenos atmosféricos, son pertinentes en enseñanza de los procesos físicos de reflexión y de transmisión. Fenómenos como un arco iris o un atardecer, se producen cuando los rayos luminosos del sol interactúan con la atmósfera. Los componentes atmosféricos, actúan como dispersores, reflectores y refractores de luz que propician aparición de ciertos fenómenos ópticos. Las múltiples manifestaciones de color se deben a las diferentes moléculas, a la humedad, a las partículas de polvo y ceniza presentes en la atmósfera.¹⁶

Los fotones de luz visible tienen energía suficiente para que los electrones de una sustancia suban a un nivel más energético, esto se conoce como absorción, los fotones de luz de cada color tienen diferente energía, una sustancia puede absorber unos colores y otros no. Con relación a emisión, un ejemplo de producción de colores por emisión de luz, es la producción de los colores en una pantalla de televisión (fluorescencia) que se encuentra dividida en pequeños rectángulos cubiertos de tres sustancias diferentes. Estas sustancias no son compuestos puros, son mezclas de compuestos, que son capaces de brillar de un determinado color cuando son golpeados por uno de los electrones producidos en un tubo de rayos catódicos, según Talanquer.¹⁷

Mediaciones didácticas orientadas a comprender los fenómenos del color y la luz son propuestas pertinentes para la enseñanza de los procesos químicos de absorción y emisión. Cuando las capas internas de un material absorben ciertas longitudes de onda y reflejan otras, se produce la denominación de “color”. Son los procesos de absorción, transmisión y reflexión los que atribuyen color a la materia.¹⁸

La colorimetría, se ocupa de analizar los colores, la espectroscopia, del estudio de la interacción entre la materia y la energía. Los principios de interacción, permiten determinar la estructura química y la concentración de las soluciones. Los procesos analíticos de la química se fundamentan en técnicas colorimétricas que permiten la determinación de parámetros como el pH, la alcalinidad y la dureza, como parámetros fisicoquímicos en el agua por ejemplo. Los cambios de color de las sustancias son indicadores de determinados parámetros, consolidándose como otro claro ejemplo de interacción entre luz y materia.¹³⁻¹⁵

La fotografía como reacción fotoquímica, se constituye en otra mediación didáctica interesante para la comprensión de los procesos químicos de interacción entre materia y energía.²

Finalmente un propósito fundamental en este trabajo fue promover al estudiante de educación media, en gran medida atiborrado de ideas previas y procedentes de la vida cotidiana que suelen obstaculizar la correcta asimilación de los conceptos científicos,⁸ hacia la categoría de procesos físicos en la que generalmente gravitan producto de la percepción macroscópica del universo y luego su promoción hacia la categoría de procesos químicos en la comprensión microscópica del mismo; dejando abierta la posibilidad de llevarlo mediante intervenciones didácticas pertinentes a la categoría de los procesos supramoleculares en niveles más avanzados de escolaridad como los programas de pregrado a nivel universitario.

PARTE EXPERIMENTAL

Descripción del sitio y población de estudio

La investigación se realizó en la Institución Educativa Rural Giovanni Montini kilómetro 41, en la vereda Colombia, del Municipio de Manizales, del Departamento de Caldas (Figura 1), con 22 estudiantes de grado décimo en la asignatura de química, tomándose como parámetro el cambio conceptual sobre la interacción materia y energía en un entorno Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente.

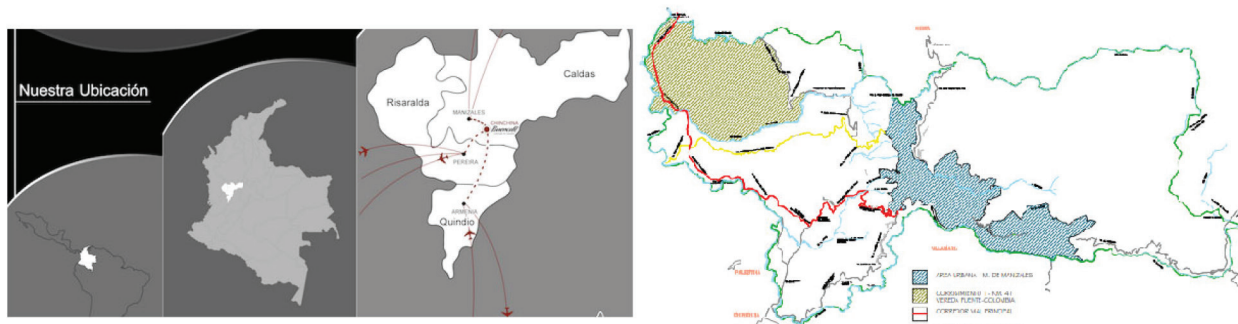


Figura 1. Localización geográfica Vereda Colombia Kilómetro 41. Fuente tomada de <http://bdigital.unal.edu.co/1104/1/millerandresbedoyaaguirre.luisdavidcardonajimenez,2003.pdf>

Se realizó un análisis general de la población en tres momentos establecidos A, B y C de (diagnóstico, intervención y evaluación) respectivamente y un análisis en profundidad a tres de los estudiantes bajo criterios de rendimiento académico, los análisis se realizaron desde los enfoques descriptivo y comprensivo. Los estudios descriptivos permitieron la caracterización de las representaciones mentales de los estudiantes y el enfoque comprensivo, se orientó al desarrollo de procesos de interpretación, profundización y comprensión de los fenómenos que son presentados a los estudiantes, como problemas cotidianos, por medio del cuestionario de diagnóstico y de evaluación.

Fases de investigación

Momento A, diagnóstico, correspondió con la actividad “circuito de observación” sobre interacción materia y energía como motivación y contextualización, seguida de la indagación de ideas previas sobre este mismo concepto en los estudiantes, por medio de un cuestionario de naturaleza abierta referente a tres situaciones contextuales. ¿Cómo cree usted que funciona una pantalla de un televisor o de un computador? ¿Cómo puedes explicar lo que sucede en las luces de bengala? ¿Cómo puedes explicar lo que sucede en el proceso de la fotografía?

Momento B: correspondió con implementación de estrategias y mediaciones didácticas diseñadas para promover un cambio conceptual sobre el principio de interacción materia y energía. Se implementaron seis mediaciones (actividades) didácticas con sus correspondientes unidades académicas orientadas hacia un cambio conceptual (Tabla 1)

Dada la ruralidad de la ubicación de la escuela objeto de estudio, se usó este contexto como elemento mediador pedagógico programando salidas de campo académicas y recreacionales (Figura 2).

Momento C: correspondiente a la evaluación, esta permitió

Tabla 1. Actividades académicas de intervención didáctica proyecto de estudio Escuela kilómetro 41

Actividad	Descripción	Unidades Académicas
1	Presentación en serie de cuatro videos de contextualización titulados “El mundo de Beackman”, en los que se explica de forma práctica y divertida diferentes fenómenos de la luz.	
2	Desarrollo de tres unidades didácticas que permitieron la conceptualización sobre la interacción materia y energía, fundamentadas en los fenómenos de reflexión y transmisión de la luz ¹⁹	1.Generalidades sobre la Energía 2. Atmósfera y Clima 3.Luz y Vida
3	Creación de videos en grupos de trabajo, los estudiantes crearon videos en los que explicaron los diversos fenómenos de interacción de la luz con la materia.	
4	Salida de campo y muestreo de agua en la quebrada Llanogrande (Figura 2), realización de prácticas colorimétricas, potenciométricas y por medio de kits en la determinación de la alcalinidad, la dureza y pH del agua en el laboratorio.	
5	Taller de fotografía, en su parte teórica y práctica, explicación de la reacción fotoquímica y el laboratorio sobre revelado.	
6	Lecturas comprensivas y generación de espacios de explicación, discusión y socialización.	1. Tubos luminosos para anuncios, TV y PC 2.Luces de Bengala

la aplicación nuevamente del cuestionario para la obtención de información concerniente al cambio conceptual, el contraste entre los modelos de la fase diagnóstica y la fase de evaluación, permitió identificar modelos conceptuales de interacción de procesos físicos y procesos químicos y dar conclusiones y recomendaciones respecto al cambio conceptual.











Figura 2. Salida de campo a la quebrada “Llanogrande”, muestreo y determinación de propiedades fisicoquímicas del agua. Entorno rural

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis descriptivo

Las siguientes caracterizaciones, representadas por convenciones en las siguientes Tablas, permitieron la identificación de modelos conceptuales en estudiantes con relación a las categorías de procesos físicos (Tabla 2) y procesos químicos (Tabla 3) y la determinación del cambio conceptual (Tabla 4).

Tabla 2. Caracterizaciones en la categoría, procesos físicos de la conceptualización interacción materia y energía

Modelo	Caracterización	Símbolo
	Cambios en la materia sin alterar su naturaleza	
	Experiencia sensorial directa o medición	
	Fenómenos de reflexión de la energía	
Procesos físicos	Fenómenos de transmisión de la energía	
	Mezclas y sus métodos de separación	
	Propiedades y comportamiento de la materia y la energía	
	Fenómeno ondulatorio, interferencia de ondas entre sí	
	El color de una sustancia se debe a procesos de absorción, transmisión y reflejo de la luz.	

Fueron elegidas 8 caracterizaciones (Tabla 2) para la valoración de conceptualizaciones alrededor de procesos físicos.

Para una valoración de conceptualizaciones alrededor de procesos químicos, se eligieron también ocho caracterizaciones descritas en la Tabla 3, con sus respectivas simbologías descriptivas.

Según la Tabla 4, existe un predominio de la categoría procesos físicos (PF) sobre la relación no específica (NE) según las explicaciones que los estudiantes hacen a las tres preguntas de la fase diagnóstica y por otro lado se advierte ausencia de caracterizaciones en la categoría de los procesos químicos.

A partir de la Tabla 5, se puede apreciar un movimiento del porcentaje de explicaciones desde la relación no específica (NE), hacia la categoría de procesos físicos (PF) y de esta hacia la categoría de procesos químicos (PQ) como evidencia de un cambio conceptual gradual.

En la Figura 3, para el momento A (prueba diagnóstica o inicial), 31.8% de los estudiantes no hace referencia a la interacción considerando esta como no específica (NE). El 68.2% de las explicaciones en los estudiantes presentan caracterizaciones en la perspectiva de los procesos físicos (PF). Ningún estudiante expresa caracterizaciones dentro de la perspectiva de los procesos químicos (PQ).

En el momento C, (prueba de evaluación fase final), 4.5% de los estudiantes no hacen referencia a la interacción considerando esta como no específica (NE). El 31.8% de las explicaciones en estudiantes expresan caracterizaciones en la perspectiva de los procesos físicos

Tabla 3. Caracterizaciones en la categoría, procesos químicos de la conceptualización interacción materia y energía









Modelo	Caracterización	Símbolo
	Transformación de sustancias en otras, cambios de composición de la materia	
	Reacciones químicas de algún tipo	
	Estructura atómica o molecular de la materia	
Procesos químicos	Cuando un fotón absorbe, energía, se excita pasando a orbitales de mayor energía	
	La emisión se da cuando el fotón viaja a un nivel de menor energía	
	Electrones, su movilidad entre niveles energéticos	
	Enlace químico metálico, covalente, iónico o fuerzas de Van der Waals.	
	La mayoría de los compuestos absorben radiación, la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de las sustancias	

Tabla 4. Resultado, modelos conceptuales iniciales, interacción materia y energía, durante la prueba diagnóstica

Pregunta	Categoría de Interacción Materia y Energía	N° de estudiantes	%
1	(NE)	10	45,5
	(PF)	12	54,5
2	(NE)	9	40,9
	(PF)	13	59,1
3	(NE)	10	45,5
	(PF)	12	54,5

Tabla 5. Resultados modelos conceptuales, interacción materia – energía, en la prueba de evaluación

Pregunta	Categoría de Interacción Materia y Energía	N° de estudiantes	%
1	(NE)	1	4,5
	(PF)	5	22,8
	(PQ)	16	72,7
2	(NE)	0	
	(PF)	11	50
	(PQ)	11	50
3	(NE)	4	18,1
	(PF)	3	13,6
	(PQ)	15	68,1

(PF). El 63.6% son explicaciones bajo la perspectiva de los procesos químicos (PQ). El porcentaje de los estudiantes que respondieron sin hacer referencia a la interacción disminuyó significativamente con relación a la prueba diagnóstica de igual manera sucedió

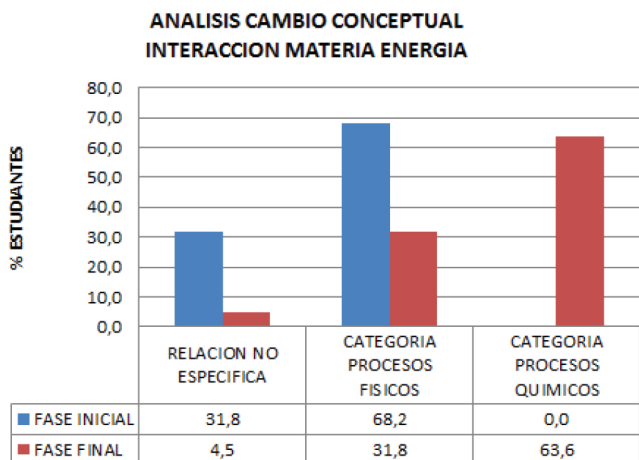


Figura 3. Cambio en las concepciones de los estudiantes, de la prueba inicial a la prueba final. Tendencias

con la categoría de procesos físicos, un número significativo de estudiantes respondieron en la perspectiva de los procesos químicos evidenciándose el cambio conceptual de los estudiantes después del proceso de intervención.

En la Figura 4, se observan las tendencias en los modelos conceptuales iniciales y finales TI y TF en las categorías de procesos físicos, procesos químicos o de relación no específica de los estudiantes antes y después de la intervención.

E, hace referencia a estudiantes intervenidos, con los números 1, 2 y 3 se hace referencia a las tres preguntas formuladas en los cuestionarios inicial y final, con los colores y las convenciones F, Q, NE, se hace referencia a las concepciones de los estudiantes en las dos categorías propuestas (procesos físicos y procesos químicos), considérese que NE, no específica, hace referencia a que no fue posible ubicar los estudiantes en ninguna de las categorías mencionadas. Estudiantes analizados en profundidad se presentan resaltados en color amarillo. El extremo derecho de esta Figura representa el cambio en las concepciones en los estudiantes.

Los estudiantes E6, E12 y E14, fueron escogidos bajo criterios de rendimiento académico (bajo, básico y alto respectivamente) según los lineamientos institucionales. Se puede apreciar que el estudiante E6, en la secuencia de modelos conceptuales Tabla 5, es quien mayor número de caracterizaciones en la categoría de procesos químicos utiliza en su modelo en la fase final con relación a los estudiantes E12 y E14, Tabla 6 y Tabla 7, respectivamente; situación que permitió centrar el interés en el estudiante E6 para la realización del análisis comprensivo.

Análisis comprensivo estudiante E6 Fase A

Las siguientes son las respuestas del cuestionario inicial que dió el estudiante E6.

¿Cómo cree usted que funciona la pantalla de un televisor o de un computador?

“Funciona por una emisión, donde están creando o haciendo el programa, emiten por medio de emisiones, nociones e información que es transmitida por medio de iones Q6 y ondas F7 que llegan hasta la pantalla cuando encendemos el TV, computador, etc.” (INTERACCIÓN NO ESPECÍFICA).

¿Cómo puedes explicar lo que sucede en las luces de bengala?

“En una especie de tubo se mete pólvora y algunas sustancias químicas encargadas de dar colores y formas, para que a la hora de encenderlo explote Q2 y emita luces”. Q5 (PROCESOS FÍSICOS).

¿Cómo explicas lo que sucede en el proceso de la fotografía?

“es un procedimiento y arte que nos permite fijar, captar F2 y conservar momentos de nuestra vida, el proceso comienza con la toma de la foto, la imagen se forma con la luz y el color”. F6 (PROCESOS FÍSICOS).

Se aprecia en la Figura 5, que la relación materia y energía, se explica de manera descontextualizada, son explicaciones poco satisfactorias frente al fenómeno que no determinan un modelo conceptual desde la perspectiva de los procesos químicos debido a sus ideas preconcebidas tal como lo enuncia Hierrezuelo.⁸ Desconoce fundamento de la emisión como interacción, son explicaciones producto de la percepción sensorial (macroscópica),

EST	PRUEBA INICIAL PREGUNTAS									TI	PRUEBA FINAL PREGUNTAS									TF	CAMBIO
	1			2			3				1			2			3				
	NE	PF	PQ	NE	PF	PQ	NE	PF	PQ		NE	PF	PQ	NE	PF	PQ	NE	PF	PQ		
E1										PF									PQ	PF → PQ	
E2										NE									PF	NE → PF	
E3										PF									PQ	PF → PQ	
E4										PF									NE	PF → NE	
E5										NE									PF	NE → PF	
E6										PF									PQ	PF → PQ	
E7										PF									PF	PF → PF	
E8										PF									PF	PF → PF	
E9										PF									PQ	PF → PQ	
E10										NE									PF	NE → PF	
E11										NE									PQ	NE → PQ	
E12										PF									PQ	PF → PQ	
E13										NE									PF	NE → PF	
E14										PF									PQ	PF → PQ	
E15										NE									PQ	NE → PQ	
E16										PF									PQ	PF → PQ	
E17										PF									PF	PF → PF	
E18										NE									PQ	NE → PQ	
E19										PF									PQ	PF → PQ	
E20										PF									PQ	PF → PQ	
E21										PF									PQ	PF → PQ	
E22										PF									PQ	PF → PQ	

Figura 4. Tendencias y cambios en los modelos conceptuales en la prueba inicial y final. NE categoría no específica, PF categoría Procesos Físicos, PQ categoría procesos químicos TI tendencia inicial, TF tendencia final

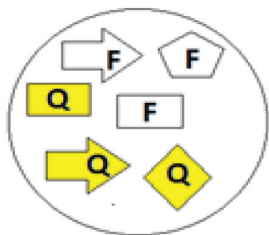


Figura 5. Modelo conceptual procesos físicos estudiante E6 fase A (1F6, 1F7, 1F2, 1Q2, 1Q6, 1Q5)

las caracterizaciones manifiestan una tendencia hacia la perspectiva de los procesos físicos.

Análisis comprensivo estudiante E6 Fase B

Ideas principales y que llamaron la atención en la lectura: Tubos luminosos para anuncios, televisores y computadoras

“Cuando se aplica una fuente de energía eléctrica F6 a las placas se produce un haz luminoso, esto sucede porque el tubo de rayos catódicos Q3 es un tubo de vidrio sellado que tiene un gas y placas metálicas separadas conectadas a alambres externos que son los que producen la luz” F6.

“Cuando el gas del tubo es neón, el tubo brilla con un color rojo- anaranjado; si se trata de argón, adquiere luminosidad azulosa, la presencia de kriptón produce una luz blanca intensa. F6 Esto se da por los diferentes tipos de gases que se meten en un tubo catódico Q3 de diámetro pequeño”.

“Thomson llega a la conclusión que los átomos contienen partículas negativas y positivas, Q3 las cuales equilibran de forma exacta la carga negativa de los electrones Q6 (De manera que la carga total del átomo sea igual a cero)” Q3.

Ideas principales y que llamaron atención de la lectura: Luces de bengala

“La pólvora usada desde el año 100 A.C. en China, es una mezcla de nitrato de potasio, carbón y azufre” F5.

“Para producir ruidos o destellos se hace reaccionar un oxidante con algún metal Q2 como magnesio o aluminio, mezclado con azufre, F5 la reacción produce un destello brillante, (esto sucede porque el aluminio y el magnesio se queman Q2 y el ruido o estallido se debe a la rápida expansión de los gases)” F6.

Para fabricar luces de bengala que produzcan los efectos que queremos lograr y que sean seguros de manejar hay que elegir los productos químicos con sumo cuidado, porque nunca sabemos cuándo un producto químico tiene flamas de alta temperatura” F6.

Descripción de procesos realizados en el laboratorio sobre el fotograma

“Se coge papel fotográfico y un dibujo de cualquier cosa y se pone encima del papel apoyando con un vidrio, luego se da un golpe de luz (Teniendo en cuenta que esto se hace en un cuarto oscuro), F6 el golpe de luz solo puede tardar segundos, luego se pasa a una ponchera con revelador, una sustancia conocida como hidroquinona, F6 en este proceso los elementos ganan electrones, Q6 luego se sumerge el papel en otra ponchera con revelador y para hacer un stop lo sumergimos en agua y así tenemos una fotografía”

Se puede notar en la Figura 6, que el estudiante explica el principio sobre el cual tiene lugar un fenómeno y su interacción con la energía. Las apreciaciones se categorizan bajo perspectiva de los procesos físicos. Centra su atención en las cargas de las partículas y el carácter neutral que poseen los átomos, no hace representaciones simbólicas en la expresión de sus ideas. Reconoce la pólvora como una mezcla de compuestos y algunas condiciones de la reacción de combustión en la producción de ciertos colores y ruido. Hace descripciones generales

de los procesos, utiliza terminología adecuada, reconoce importancia de interacción entre la materia y la energía sin entrar en detalle y de igual manera hace mención al proceso de óxido reducción.

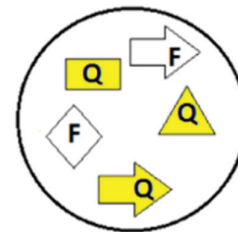


Figura 6. Modelo conceptual procesos químicos estudiante en la fase B (E6 7F6, 2F5, 4Q3, 2Q2, 2Q6)

Análisis comprensivo estudiante E6 Fase C

¿Cómo cree usted que funciona la pantalla de un televisor o de un computador?

“Cuando los electrones chocan contra una pantalla Q6 la cual contiene compuestos químicos Q1 estos brillan y producen color F2, en este proceso hay absorción Q4 y emisión Q5 cuando los electrones se excitan ganando o perdiendo energía” Q6 (PROCESOS QUÍMICOS).

¿Cómo puedes explicar lo que sucede en las luces de bengala?

“Son mezclas de sustancias químicas F5 como KNO_3 , Q3 carbón y azufre que producen una emisión Q5 de color al mezclarse F5 con sales de bario, estroncio, cobre, aluminio o magnesio, F6 el color que emiten Q5 será diferente teniendo en cuenta la sustancia que se mezcle F5 y produce sonido cuando se mezcla con sustancias F5 oxidantes Q2 o con un metal, en pocas palabras es una reacción química entre una sustancia oxidante y un metal Q2 para crear un color y una explosión” Q2. (PROCESOS QUÍMICOS).

¿Cómo puedes explicar lo que sucede en el proceso de la fotografía?

Existe un papel especial que contiene una sustancia llamada bromuro de plata, F6 en el cual se plasma la imagen que se quiere obtener, este proceso se hace con un golpe de luz F6 teniendo en cuenta que este proceso se hace en un cuarto oscuro. La plata pasa de estado +1 a 0 Q7. El revelado de la foto se hace con $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$ un compuesto llamado hidroquinona, Q3 luego para el fijado se utiliza vinagre y después se hace un lavado con agua para quitar el exceso de plata que no reaccionó. Cuando se da el golpe de luz F6 se hace una absorción Q4 y emisión Q5 cuando se revela la foto, los electrones se excitan y la plata gana electrones Q6 reduciéndose Q2 (PROCESOS QUÍMICOS).

Es apreciable que el estudiante según las respuesta a las 3 cuestiones indagadas (Figura 7), hace una explicación fundamentada en los electrones y su interacción con los compuestos químicos presentes en una pantalla. Se aprecia caracterización dentro de la categoría de los procesos químicos, manifiesta claridad conceptual sobre las interacciones de emisión y absorción propias de esta

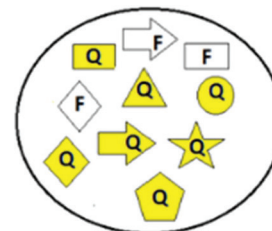
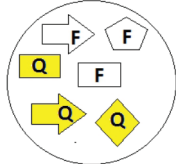
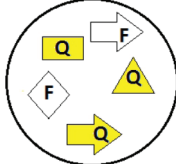
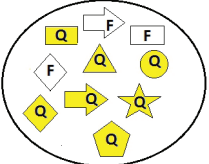


Figura 7. Modelo conceptual procesos químicos estudiante en la fase C (E6 1F2, 4F5, 4F6, 1Q1, 4Q2, 4Q5, 2Q4, 2Q3, 3Q6, 1Q7)

perspectiva al referirse a los electrones cuando son excitados al perder o ganar energía. En sus argumentos expone que el color se atribuye a las mezclas de sustancias químicas con diferentes sales produciendo emisión, como interacción, reconoce la reacción de oxidación, representa de manera simbólica compuestos con su fórmula molecular. Es apreciable el cambio conceptual cuando el estudiante expresa concepciones pertinentes frente al proceso de la fotografía con relación a la prueba diagnóstica y la intervención, haciendo uso de un lenguaje propio de la química, le atribuye protagonismo al bromuro de plata presente en el papel fotosensible y la presencia de luz, reconoce la presencia de una reacción y de interacciones materia energía de emisión y transmisión, habla de procesos de reducción expresando que la plata gana electrones, hace referencia a los estados de oxidación en el caso concreto de su disminución, habla de excitación electrónica, *lo anterior permite considerar que con una buena intervención didáctica en su siguiente nivel de formación (universitaria, tecnológica) el estudiante se podría promover fácilmente al nivel de procesos supramoleculares.*

La siguiente Tabla (Tabla 6) muestra la síntesis de los modelos conceptuales del E6 durante los momentos A, B y C. Esta secuencia de modelos permite observar el cambio conceptual gradual alcanzado por el estudiante.

Tabla 6. Cambio conceptual gradual hacia la categoría de los procesos químicos del estudiante E6

Procesos químicos		
Diagnostico	Intervención	Evaluación
		

El estudiante E6. Los conocimientos previos constituyen un modelo en el que se establecen características de las perspectivas físicas y químicas, en el modelo final, producto de la fase de intervención didáctica, prevalecen las caracterizaciones químicas sobre las físicas, en el modelo final, es evidente un cambio conceptual de consideración en el que involucra todas las caracterizaciones de la categoría procesos químicos establecidas y en el que la perspectiva de procesos físicos es menos marcada. Hace referencia a las interacciones de absorción y emisión. Inicialmente desconoce las interacciones en sus respuestas atribuyéndoles connotaciones diferentes. Su modelo conceptual en la fase final se puede considerar con una tendencia alta hacia la categoría de los procesos supramoleculares que con intervenciones didácticas pertinentes fácilmente se podría llegar a esta categorización.

Ahora se muestra y discute en forma sintética (Tabla 7 y 8), la evolución conceptual de los estudiantes E12 y E14 respectivamente durante las tres fases de la experiencia, en la misma línea procedimental seguida arriba con el estudiante E6.

El Estudiante E12. En los modelos conceptuales en las diferentes fases, es notable que una vez intervenida la concepción materia y energía, involucra nuevas caracterizaciones de procesos químicos en sus modelos con relación al modelo conceptual inicial a partir de sus conocimientos previos. En los tres modelos prevalecen los procesos físicos pero son marcados los procesos químicos. En su modelo final hace referencia a las interacciones de absorción y emisión, es notable el cambio conceptual dentro de esta categoría. En un principio desconoce interacción de emisión, poniéndola de manifiesto en

Tabla 7. Cambio conceptual gradual hacia la categoría de los procesos químicos del estudiante E12

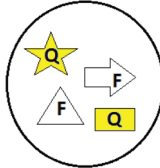
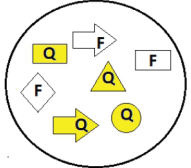
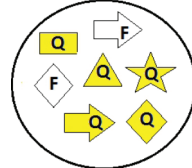
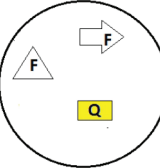
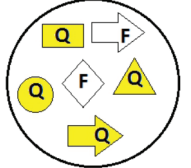
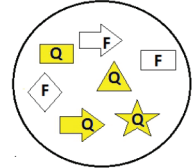
Procesos químicos		
Diagnostico	Intervención	Evaluación
		

Tabla 8. Cambio conceptual gradual hacia la categoría de los procesos químicos del estudiante E14

Procesos químicos		
A: Diagnostico	B: Intervención	C: Evaluación
		

su modelo final. Los argumentos obedecen a la categorización de procesos químicos.

El estudiante E14. En la prueba diagnóstica, en sus conocimientos previos, responde haciendo más referencia a características de procesos físicos que de procesos químicos, se refiere a propiedades de la materia y la energía y a la interacción de reflexión con relación a procesos físicos en sus explicaciones, de procesos químicos solo hace referencia a reacciones químicas y sus clases. Involucra pocos elementos en su explicación. En la fase de intervención su modelo conceptual incorpora cuatro de las caracterizaciones de procesos químicos, cambios de composición en la materia, las reacciones y sus clases, estructura atómica o molecular, electrones y su movilidad y dos de las caracterizaciones sobre procesos físicos, propiedades de la materia y la energía y las mezclas y sus métodos de separación. En la fase final de evaluación además de los elementos de procesos químicos de la fase de intervención, involucra la interacción de absorción por parte de la materia, en su modelo conceptual final es evidente que involucra más caracterizaciones sobre procesos químicos que caracterizaciones sobre procesos físicos. En las explicaciones es apreciable un cambio gradual de concepción frente al principio de interacción materia energía.

CONCLUSIONES

De una prueba inicial frente a la final, los porcentajes de estudiantes que respondieron a las interacciones varió considerablemente. De 31,8% de interacción no específica (NE) en la prueba inicial, varió al 4,5% en la prueba final; de 68,2% en la perspectiva de procesos físicos (PF), varió al 31,8%; de 0% en la perspectiva de los procesos químicos (PQ) cambió al 63,6%. En la prueba final, surge la categoría de procesos químicos (PQ) que estaba ausente en la prueba inicial, un número significativo de estudiantes responden bajo esta perspectiva, evidenciándose un cambio conceptual gradual en los estudiantes después del proceso de intervención.

En los cambios conceptuales, gradualmente se fueron incorporando en la secuencia de modelos caracterizaciones particulares de cada categoría mencionada, abandonándose concepciones producto de las

percepciones sensoriales. Con intervenciones didácticas pertinentes, direccionadas desde interacción materia y energía puede promoverse el cambio gradual en los modelos conceptuales escolares y resolverse dificultades de orden conceptual, favoreciéndose la comprensión de fenómenos macroscópicos que tienen su origen en el universo microscópico y, que por lo general, son de difícil comprensión para los estudiantes.

La concepción sobre interacción entre los dos conceptos permite interpretaciones y explicaciones macroscópicas y microscópicas en el universo. Además que los entornos Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente CTSA, muy marcadamente en entornos rurales como el presente estudio de caso y las temáticas de interés en los estudiantes favorecieron los cambios en la conceptualización. Estos cambios conceptuales se dieron más desde la perspectiva del enriquecimiento que de la revisión en los lineamientos de Vosniadou.⁵ El estudiante como producto de intervenciones didácticas, responde a los cuestionamientos sobre situaciones contextuales adicionando información a sus estructuras conceptuales existentes y consistentes con conocimientos previos, situación que se evidencia en nuevos modelos conceptuales escolares.

Finalmente, es apreciable la incorporación de lenguajes nuevos con mejor criterio científico en la consolidación de los modelos conceptuales escolares; frente al cambio conceptual esta es una característica de gran importancia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados de la Universidad de Caldas. J. Bermúdez-Loaiza expresa su agradecimiento al Ministerio de Educación Nacional por la beca otorgada “Docencia con Excelencia”, Convocatoria 2015.

REFERENCIAS

1. Sampieri, R. H.; Collado, C. F.; Baptista, L.; *Metodología de la Investigación*, 6ª ed., McGraw-Hill: México, 2014.
2. Bravo, J. In *Didáctica de las Ciencias Experimentales*; Estella, J, eds.; Perea: España, 1990, cap. 7.
3. Johnstone, A. H.; *Journal of Computer Assisted Learning* **1991**, 7, 75.
4. Soto, C. A.; *Revista en Educación y Pedagogía* **1998**, 50.
5. Vosniadou, S. In *International Handbook of Research on Conceptual Change*; Clement, J, eds.; Routledge Taylor & Francis Group: Abingdon, 2008, cap. 16.
6. Adúriz-Bravo, A.; Izquierdo-Aymerich, M.; *Revista Electronica de Investigación en Educación en Ciencias* **2009**, 41.
7. Guarín, A.; Orozco, J. A.; *Tesis de Maestría*, Universidad de Antioquía, Colombia, 2011.
8. Moreno, J. H.; Moreno, A. M.; *La Ciencia de los Alumnos: su utilización en la didáctica de la física y química*, 1ª ed., Fontamara: Madrid, 2006.
9. Solbes, J.; Tarín, F.; *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas* **2004**, 22, 185.
10. Muncio, J. I. P.; Crespo, M. A. G.; *Aprender a enseñar ciencia del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, Ediciones Morata S. L.: Madrid, 2006, Cap. 2
11. Furió, M.; Furió, C.; *Educ. Quím.* **2000**, 11, 302.
12. Henao, J. J.; Tamayo, O. E.; *Tesis de Maestría*, Universidad Católica de Manizales, Universidad de Caldas, Colombia, 1986.
13. Harris, D.; *Quantitative Chemical Analysis* W. H. Freeman and Company: New York, 2007, cap. 18.
14. Skoog, D. A.; *Fundamentos de Química Analítica*, 1ª ed., Cengage Learning: México, 2014.
15. Zumdahl, S.; *Fundamentos de Química*, 1ª ed., McGraw-Hill: México, 2012.
16. Casado, J. C.; Serra, M.; *Fenómenos atmosféricos unidad didáctica*, Instituto de Astrofísica de Canarias: España, 2007.
17. <https://sites.google.com/site/talanquerchemed/>, visitado en Julio 2019.
18. Valcares, F.; *Reflexión, Transmisión y Absorción óptica*, España, 2008.
19. <http://www.agenergia.org>, visitada en Julio 2019.