

EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA CON UN ENFOQUE MULTIREPRESENTACIONAL: UN CASO SOBRE COLISIONES

NANCY MONTES CALVA

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO, UNAM

FERNANDO FLORES CAMACHO

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO, UNAM

MANUEL CRUZ CISNEROS

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES-PLANTEL SUR, UNAM

TEMÁTICA GENERAL: EDUCACIÓN EN CAMPOS DISCIPLINARES.

RESUMEN

El presente documento muestra resultados preliminares del proyecto de investigación: "Procesos de transformación de las representaciones científicas en los estudiantes de bachillerato bajo un entorno multirepresentacional apoyado con tecnologías digitales". Dicho proyecto utilizó como contexto escolar los laboratorios de ciencias en el bachillerato de la UNAM, en los cuales se tienen diversos recursos tecnológicos que permiten que los alumnos cuenten con múltiples representaciones externas.

Para reconocer el proceso de transformación de dichas representaciones sobre el fenómeno físico de colisiones: primero, se elaboró un instrumento de evaluación (cuestionario) a través del cual podemos conocer las representaciones que tienen los estudiantes sobre los diferentes aspectos conceptuales y procesos implicados en el fenómeno estudiado; segundo, se desarrolló una secuencia didáctica experimental en la cual se trabajaron dos fases: la fase 1 incluye a un grupo escolar en el que se incorporó el uso de algunos recursos tecnológicos, La fase 2 incluye a otro grupo en el que se utilizaron múltiples recursos tecnológicos, ambas fases tomaron clases en los laboratorios de ciencias; tercero, se aplicó el cuestionario elaborado a los grupos mencionados y a siete grupos control que tomaron sus clases en laboratorios tradicionales; cuarto, los datos obtenidos fueron calificados a partir de una rúbrica orientada hacia la comprensión y descripción de las representaciones que logran los estudiantes.

Se presenta un ejemplo que muestra como los estudiantes de la fase 2 a diferencia de los alumnos del grupo control logran interpretar y representar gráficamente mejor el fenómeno físico estudiado.

Palabras clave: Representaciones, secuencia didáctica, recursos tecnológicos, cuestionarios, evaluación, bachillerato.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de los conocimientos científicos escolares es todo un desafío, que como tal debe ser abordado en la escuela, pues implica un proceso complejo de transformación conceptual y representacional, una reconstrucción de procesos cognitivos y nuevos elementos y compromisos epistemológicos, de ahí las dificultades de aprender ciencias, en particular física.

No obstante, esto no significa que sea una tarea que no pueda lograrse, pues además del esfuerzo que el alumno debe llevar a cabo de manera consciente, debe haber también un esfuerzo colectivo donde los profesores y quienes intervienen en los procesos educativos deben aportar elementos que partan desde las concepciones de los alumnos hacia nuevas posibilidades de construcción (Gallegos, L., García A. y Calderón, E, 2007).

Por otro lado, para apoyar los procesos de transformación conceptual y representacional en la enseñanza, diversas propuestas educativas actuales se orientan hacia el uso de múltiples representaciones (Karmiloff – Smith, 1992). La implementación de éstas en la didáctica de la física es aún incipiente y requiere de investigación.

La investigación que aquí se presenta se llevó mediante la comparación e identificación de las diferencias de cómo se construyen, enriquecen y transforman los recursos cognitivos y mecanismos de las representaciones de estudiantes de bachillerato en un contexto donde se utilizan tecnologías digitales que apoyan el uso de múltiples-representaciones versus contextos escolares donde esto no ocurre, con lo cual se puede proporcionar a los profesores de ciencias descripciones y explicaciones sobre las formas en las que los alumnos construyen sus representaciones en un contexto de aprendizaje multirepresentacional apoyado con el uso de las TIC con el fin de comprender como el enfoque de las representaciones puede contribuir a la mejora del aprendizaje de los conocimientos científicos.

DESARROLLO

Marco teórico

Del cambio conceptual al representacional

Después del reconocimiento de las ideas previas (Duit y Treagust, 1998), se desarrollaron diversas teorías de cambio conceptual con diferentes aproximaciones tanto de orden epistemológico como cognitivo (Flores, 2004) y si bien es innegable el aporte de las teorías de cambio conceptual a la mejora de la enseñanza de las ciencias, en términos de procesos didácticos y curriculares (Duschl y Grandy, 2008), los resultados en cuanto al mejoramiento de la comprensión de los conceptos científicos no han sido los esperados. Esto ha llevado a replantear las teorías de cambio conceptual y a buscar en construcciones más cercanas a lo fenomenológico como son las representaciones y su dinámica en el aprendizaje.

Así, los procesos que asumen sistemas complejos de representación como los que actualmente se describen desde los enfoques epistemológicos (Ibarra y Morman, 1997, 2006) y los

que dan cuenta del origen de la cognición en los sujetos, como las representaciones implícitas (Karmiloff – Smith, 1992), ha llevado a considerar los procesos de transformación y construcción de sistemas representacionales en los estudiantes como uno de los ejes centrales para comprender los procesos de aprendizaje de las ciencias.

Una representación no es una imagen especular de lo representado, por el contrario la representación tiene o elabora una estructura que le permite inferir a partir de ella propiedades o cualidades posibles de lo representado. En esa estructura, y sus posibilidades de hacer predicciones y generar explicaciones, radica la importancia de las representaciones puesto que se manifiestan como elementos útiles para dar cuenta de procesos que podrán o no ser correspondientes con lo observable, pero que satisfacen la coherencia mínima que los sujetos requieren para interpretar y funcionar en su entorno (Flores y Valdez, 2007). Además, como indican Ibarra y Morman, “la representación debe ser empíricamente significativa” (1997, p. 148) esto es, la representación debe tener significado para el sujeto en términos de su experiencia (Ibarra y Morman, 2006).

Por lo tanto, en el ámbito escolar, la construcción y transformación de las representaciones de los alumnos puede favorecerse con un proceso educativo que considere que ante los elementos que se presentan en las situaciones de enseñanza, el estudiante iniciará un proceso de transformación representacional que requerirá de una nueva articulación de conceptos, de relaciones entre ellos y de sus implicaciones respecto a los referentes fenomenológicos y de contenidos escolares. De donde, las acciones educativas requerirán trabajar con fenómenos relacionados presentados en formas distintas que en conjunto apoyen, mediante la variación de los fenómenos y la complementariedad de explicaciones y situaciones relacionadas, la transformación esperada, es decir en un contexto de multiple-representacionalidad.

Para que los procesos cognitivos descritos puedan llevarse a cabo es necesario que el alumno encuentre un espacio escolar apropiado, que sus procesos de explicitación, análisis y reflexión se vean fortalecidos por las acciones de los docentes, que encuentren en las actividades escolares, incluido de manera importante el laboratorio escolar, la oportunidad de describir y elaborar explicaciones a partir de sus representaciones, y que puedan reflexionar, dentro de un proceso metacognitivo apoyado por los profesores, acerca de la fortaleza, coherencia y amplitud de sus ideas y de cómo éstas cambian ante las nuevas situaciones que la ciencia escolar les presenta.

Metodología

La muestra consistió de 203 alumnos correspondientes a nueve grupos diferentes de los cinco planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH); dos en los que se implementó una secuencia didáctica experimental basada en el uso de múltiples representaciones externas: el primero (fase 1; f1) con un total de 20 alumnos en el cual se incorporó el uso de recursos tecnológicos (simuladores) dentro del entorno del laboratorio de ciencias del bachillerato de la UNAM, el segundo (fase 2; f2) con 22 estudiantes a diferencia del grupo anterior incorporó múltiples recursos tecnológicos (experimento

con sensores de fuerza, simulación de colisiones con el software Interactive Physics, obtención de datos y elaboración de gráficas utilizando el software LESA, elaboración de gráficas con el software Excel, cuestionarios digitales como guía en la construcción de explicaciones); los siguientes siete grupos (grupos control; GC1-7) con un total de 161 estudiantes recibieron la clase de física de una manera “tradicional”, sin el uso de recursos tecnológicos, sin acudir al laboratorio de ciencias y sin la intervención docente mencionada anteriormente (ver Tabla 1).

Tabla 1. Número de alumnos pertenecientes a los grupos en estudio

	1	2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
o. de alumnos	0	2	8	9	0	7	0	2	5	2

Elección del tema

El tema seleccionado fue colisiones, el cual está articulado por el concepto de fuerza. Dicho tema se eligió debido a que: permite hacer referencia a situaciones cotidianas como el choque entre dos vehículos o el rebote de una pelota; ha sido visto en todos los cursos de física desde secundaria hasta bachillerato; es susceptible de ser descrito con lenguaje ordinario, así como con expresiones matemáticas conocidas por los alumnos, en especial los de aplicación de fuerzas utilizando segunda y tercera ley de Newton; se puede representar las variaciones en las fuerzas, velocidad y desplazamientos en gráficas de dos variables y, son situaciones que pueden ser susceptibles de registros diversos como video, uso de sensores para registrar el comportamiento de las variables involucradas o el uso de simuladores para los procesos no medibles directamente.

Cuestionario

Se elaboró un cuestionario de treinta y dos preguntas que tiene como finalidad obtener un conjunto de respuestas lo más detalladas y amplias posibles por parte de los alumnos para cubrir el tema a través del cual podemos conocer las representaciones que tienen los estudiantes sobre los diferentes aspectos conceptuales y procesos implicados en el fenómeno de colisiones. El cuestionario pasó por un proceso de validación y confiabilidad. Los datos obtenidos fueron calificados a partir de escalas (cinco niveles) que consideran los alcances y limitaciones en las respuestas dadas para describir y explicar los distintos temas abordados. Los resultados sirvieron para aplicar pruebas de validación, que mostraron que se logró generar un instrumento con un adecuado nivel de validez (relacionada con la claridad de preguntas, la obtención de respuestas esperadas, con los ítems pertinentes, inteligibles, con completitud y estructura equivalente) y confiabilidad estadística (alpha de Cronbach de 0.75).

Proceso de intervención. Secuencias Didácticas

Se elaboraron dos secuencias didácticas, diferenciadas por fases cuya diferencia primordial fue el incremento de distintos tipos de representaciones externas. Las actividades de ambas fases fueron planeadas para alumnos que toman clase en los nuevos laboratorios de ciencias del bachillerato de la UNAM, para la f1 se incorporó el uso de algunos recursos tecnológicos, mientras que para la f2 se utilizaron múltiples recursos tecnológicos.

Por último se aplicó el cuestionario a toda la muestra y los datos obtenidos fueron calificados a partir de una rúbrica que se basó en lo propuesto por Wilson (2005) cuyos criterios se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Criterios para la elaboración de Rúbricas.

Niveles de Integración de conocimiento	Valor y características de las respuesta a los ítems
Vínculos complejos	Valor 5 Explicita tres o más conceptos e ideas relevantes y elabora dos o más vínculos válidos entre ellas
Vínculos totales	Valor 4 Explicita al menos dos conceptos e ideas relevantes y elabora un vínculo válido entre dos ideas.
Vínculos parciales	Valor 3 Explicita ideas o conceptos relevantes pero no elabora adecuadamente vínculos entre ellos
No hay Vínculos Irrelevante	Valor 2 Explicita ideas no precisas y relacionadas
No hay información	Valor 1 Contiene ideas irrelevantes al contexto científico
	Valor 0 No hay respuesta al ítem

Adaptado de Wilson (2005)

Aplicación

A partir de los resultados de las rúbricas se construyeron las respectivas bases de datos, de acuerdo a las categorías descritas en la aplicación de los cuestionarios y que dan cuenta, principalmente de alumnos que estuvieron de manera controlada en la fase experimental con una estrategia didáctica específica en la que se gradúa el uso de las tecnologías digitales para contar con más posibilidades de representaciones externas.

El análisis de resultados se llevó a cabo en primer lugar para identificar las diferencias entre las muestras por medio de una análisis de varianza, que indica en qué preguntas se tienen diferencias significativas ($p \leq .05$) y, a partir de ello, determinar cómo comprenden y representan los alumnos las situaciones y conceptos relativos al tema de colisiones. El análisis se llevó a cabo con distintas submuestras (GC1-7) de acuerdo al planteamiento metodológico de la investigación. En primer lugar un análisis de varianza comparando la muestra de alumnos que pertenecen a la f1 vs cada uno de los siete GC, en segundo lugar un análisis de varianza entre los alumnos de f2 vs cada uno de los GC.

Por último se llevó a cabo un análisis cualitativo entre las respuestas, de cada grupo, de los ítems que presentan diferencias significativas para identificar discrepancias entre cómo los estudiantes construyen, enriquecen y transforman sus representaciones.

RESULTADOS

Lo relevante de los datos es que nos muestran que, en las preguntas en las que se describe la situación física en términos de las fuerzas presentes y de la representación por medio de flechas (vectores) de las fuerzas en cada caso (colisión de vehículos y rebote de una pelota), no aparecen diferencias entre los grupos, sin embargo, cuando los ítems dan cuenta por ejemplo de la representación gráfica y su explicación de cómo es la fuerza en el momento de la colisión, de cómo es el comportamiento de la velocidad en el intervalo de tiempo de la colisión, del reconocimiento de la tercera ley de Newton y de lo que ocurre en situaciones hipotéticas que se piden en el cuestionario, hay diferencias significativas mostrando que, los alumnos que, en principio han tenido mayor posibilidad de interactuar con diversas formas representacionales tienen mejor desempeño al representar las situaciones físicas.

En las tablas 3 y 4 se muestran, respectivamente, los valores de F , y la significancia bilateral de los ítems con diferencia arrojados por el análisis de varianza al comparar a la f_1 y f_2 con los siete GC.

Tabla 3. Ítems con diferencia al comparar la f_1 con los GC

Caso	Ítem	F	Sig.
fi vs GC1	23	0.387	0.012
f1 vs GC2	1	0.749	0.013
	5	1.676	0.027
	15	3.279	0.024
	18	3.903	0.007
	19	0.847	0.045
	23	3.069	0.023
	31	1.336	0.016
f1 vs GC3	4	0.005	0.000
	5	0.056	0.007
	10	0.746	0.015
	11	0.354	0.005
	15	1.031	0.017
	16	0.054	0.042

	23	0.219	0.008
	27	1.238	0.033
f1 vs GC5	4	2.376	0.003
	12	3.536	0.046
	15	2.199	0.008
	23	0.133	0.028
f1 vs GC6	1	0.390	0.007
	10	0.281	0.015
	11	1.094	0.011
	12	2.370	0.026
	15	1.031	0.017
	28	1.508	0.012
	30	1.033	0.024
f1 vs GC7	1	0.169	0.017
	4	0.030	0.002
	11	0.022	0.005
	15	3.531	0.001
	16	1.614	0.025

Tabla 4. Ítems con diferencia al comparar f2 con los GC

Caso	Ítem	<i>F</i>	Sig.
f2 vs GC1	15	0.479	0.006
	17	1.536	0.042
	23	0.736	0.003
	24	0.408	0.043
f2 vs GC2	5	0.179	0.001
	18	0.623	0.000
	19	0.431	0.003
	28	1.129	0.008
	31	2.401	0.002

f2 vs GC3	4	0.489	0.000
	5	0.357	0.000
	11	0.708	0.013
	15	0.493	0.005
	18	0.782	0.007
	19	0.003	0.013
	23	0.482	0.002
	24	2.846	0.022
	27	1.011	0.018
	28	1.304	0.005
	31	1.588	0.040
f2 vs GC4	10	3.711	0.034
	18	0.007	0.036
	31	3.464	0.036
f2 vs GC5	12	2.591	0.044
	15	0.223	0.002
	23	0.050	0.007
	28	0.232	0.013
f2 vs GC6	3	2.351	0.029
	11	1.790	0.031
	12	1.559	0.001
	14	0.396	0.005
	15	0.132	0.009
	25	0.585	0.032
	28	0.345	0.001
f2 vs GC7	4	0.203	0.003
	5	2.884	0.014
	7	2.808	0.022
	10	0.257	0.014
	11	0.166	0.012
	15	0.030	0.000
	16	2.638	0.032

24	2.571	0.016
26	0.261	0.021
27	0.001	0.036
28	0.524	0.048
31	3.452	0.049
32	3.668	0.039

Para ejemplificar lo que implica en términos de comprensión de los alumnos de los resultados obtenidos se eligió uno de los ítems (ítem 23) que es uno de los que muestra mayor diferencia significativa en ambas fases. En la tabla 5 se muestra el enunciado del ítem, así como los valores de F , las medias y la significancia bilateral para cada caso.

Tabla 5. Ejemplo Ítem con diferencia al comparar las fases con el GC3

Caso	Ítem	F	Media	sig.
f1 vs GC3	23.- <i>Manteniendo tu mano en posición horizontal sostienes una pelota. Después la sueltas, bota una vez en el suelo de concreto y sube</i>	.219	f1 G .35 C3 .50	.008
f2 vs GC3	En la siguiente gráfica dibuja la velocidad de la pelota al paso del tiempo y explica por qué se comporta así la velocidad conforme a lo que dibujaste.	.482	f2 G .45 C3 .50	.002

A continuación se muestran los resultados del análisis de las respuestas que dan los estudiantes de cada grupo en cuanto a la identificación de las diferencias conceptuales para este caso. Cabe mencionar que en el ítem 23 los estudiantes deben elaborar una representación gráfica (ver Tabla 5) de la velocidad, de una pelota en caída libre, como función del tiempo y describirla.

Diferencias entre alumnos de las fases y del grupo control:

Alumnos de f1

- El nivel máximo al que llegan ambos grupos es el cuatro.
- El 55% del total de alumnos de la F1 alcanza nivel cuatro en sus representaciones (ver Tabla 6), mientras que en el GC3 solo lo alcanzan 10%.

- El 50% de respuestas de los alumnos del GC3 cae en el nivel 3.

Alumnos de f2

- El nivel máximo al que llegan los alumnos de f2 es cinco, a diferencia de los del GC3 que sólo llegan al nivel tres.
- El 50% del total de alumnos de la f2 alcanza nivel cuatro en sus representaciones (ver Tabla 6), mientras que en el GC3 solo lo alcanzan 10%.

En la tabla 6 se presentan algunos ejemplos de las representaciones gráficas, sobre el comportamiento de la velocidad en el tiempo, que elaboran los estudiantes de los tres grupos, así como la descripción de su representación.

Tabla 6. Ejemplos de representaciones y descripciones de los estudiantes pertenecientes a los grupos f1, f2 y GC3

Ítem 23		
f1	f2	GC3
<p><i>“La velocidad de la pelota empieza en ceros y aumenta debido a la gravedad y cuando toca el suelo usa esa fuerza adherida para votar de nuevo y tomar impulso hacia arriba.”</i></p>	<p><i>“La velocidad es negativa debido a que va bajando la pelota, y cuando bota la pelota la velocidad es 0 ,y un tiempo despues la velocidad se vuelve positiva ya que ahora va subiendo la pelota.”</i></p>	<p><i>“En el tiempo que baja la pelota su velocidad es conctante (caída libre) y cuando la pelota bota o toca el suelo, la velocidad está en reposo, ya cuando sube, la velocidad aumenta como si fuera un impulso.”</i></p>
<p><i>“La velocidad de la pelota va en aumento ,al momento del choque un momento cero, rebota con menor velocidad y esa va tendiendo a cero , hasta llegar a su limite y volver a caer.”</i></p>	<p><i>“Primero aumenta la velocidad debido a la caida y empuje de la gravedad, luego choca y pierde velocidad y asi hasta quedar en reposo.”</i></p>	<p><i>“La pelota al bajar alcanza una mayor velocidad en poco tiempo, en cambio al subir lleva una menor velocidad y por ende lleva más tiempo.”</i></p>

El siguiente cuadro comparativo muestra las diferencias cualitativas, más significativas, encontradas al analizar tanto las representaciones, como las descripciones de los estudiantes de los tres grupos reportados.

Cuadro comparativo. Comportamiento de la velocidad en las representaciones de los grupos f1, f2 y GC3

	f1	f2	GC
En el tiempo que baja la pelota.	El valor de la velocidad al inicio del movimiento es cero. El valor de la velocidad aumenta.	El valor de la velocidad al inicio del movimiento es cero. La velocidad es negativa y aumenta durante la mitad del intervalo y durante la otra mitad disminuye.	El valor de la velocidad tiene un valor distinto de cero al inicio del movimiento y disminuye durante todo el intervalo. El valor de la velocidad se mantiene constante. Colocan a la fuerza de gravedad. El valor de la velocidad aumenta durante la mitad del tiempo y disminuye durante la otra mitad.
En el tiempo que bota la pelota.	La velocidad tiene un valor igual a cero.	La velocidad tiene un valor igual a cero.	La velocidad tiene un valor igual a cero. No hay ninguna representación.
En el tiempo que sube la pelota.	El valor de la velocidad disminuye.	El valor de la velocidad disminuye.	El valor de la velocidad aumenta durante la mitad del tiempo y disminuye durante la otra mitad. El valor de la velocidad aumenta durante todo el intervalo.

DISCUSIÓN

Como podemos observar en la tabla 4 los valores de las medias son mayores en los dos grupos que estuvieron sometidos a la aplicación de la secuencia didáctica, lo que nos indica que las respuestas de los estudiantes de estos grupos alcanzan niveles más altos en la rúbrica. Esto lo podemos constatar con el análisis (descrito en la sección de diferencias entre grupos); la mitad de alumnos de las fases experimentales llegan a nivel cuatro en sus respuestas lo que quiere decir que explicitan al menos dos conceptos e ideas relevantes y elaboran un vínculo válido entre dos ideas. A diferencia de los GC en el que la mitad de los alumnos solo alcanza nivel tres en sus respuestas, es decir explicitan ideas o conceptos relevantes pero no elaboran adecuadamente vínculos entre ellos.

Con respecto a las representaciones y descripciones de los estudiantes encontramos que, en general a ambos grupos les es muy difícil describir su representación (ver Tabla 5). Sin embargo, podemos observar que los estudiantes de ambas fases si comprenden que una pelota en caída libre siempre empieza con velocidad cero y aumenta durante la caída, a diferencia de algunos alumnos del GC para los que no solo tiene un valor distinto de cero, si no que éste se mantiene constante durante la caída o incluso aumenta y disminuye en el mismo intervalo. En el momento en que la pelota rebota no se encuentran grandes diferencias pues para los tres grupos la velocidad es cero. Por último, puede notarse como en el ejemplo descrito, en los grupos de las fases los estudiantes indican que la velocidad disminuye a diferencia del GC3 en el que puede aumentar o disminuir o incluso ambos en el mismo intervalo.

Existen dos diferencias importantes entre los dos grupos en los que se llevó a cabo la implementación de la secuencia didáctica; la primera es que los alumnos de f2 justifican que la velocidad aumenta por la acción de la gravedad, mientras que los alumnos de f3 no sólo mencionan la acción de la gravedad durante la caída si no también durante la subida, pero además explican que el comportamiento de la velocidad se debe a que la gravedad actúa a favor del movimiento durante la caída y en contra del movimiento durante la subida; segunda al menos un estudiante de f3 (ver Tabla 3) identifica que la velocidad durante la caída es negativa debido a que el movimiento de la pelota es hacia abajo.

CONCLUSIONES

La implementación de una secuencia didáctica basada en el uso de múltiples representaciones apoyada con TIC contribuyó a que los estudiantes de f1 y f2 alcanzaran niveles más altos en las representaciones que construyen y por consiguiente, mejoró el aprendizaje de los alumnos de ambas fases quienes consiguen comprender y representar (de manera más cercana a lo esperado de la física escolar) el comportamiento de la velocidad en función del tiempo del movimiento de una pelota en caída libre, y, los estudiantes de la fase 2 que tuvieron en su secuencia didáctica mayores oportunidades de diversos modos de representación como las gráficas en tiempo real que obtuvieron

con las lecturas de los sensores no solo comprenden y representan éste movimiento sino que también alcanzan a dar argumentos físicos del porque es así.

Por tanto, es posible concluir que los alumnos que contaron con más representaciones explícitas, pueden asociar con mayor precisión los conceptos físicos involucrados en el fenómeno de colisiones, lo que nos lleva a pensar que una enseñanza centrada en múltiples representaciones apoyadas en las TIC ayuda a la construcción de las representaciones de los alumnos y por lo tanto a una mejor comprensión de los fenómenos físicos, sin embargo queda claro que son necesarios procesos educativos de mayor plazo y mejor orientados hacia el cambio representacional.

De tal modo que, consideramos que la investigación realizada aporta elementos para: mejorar la enseñanza de la ciencia; respaldar un enfoque de actualidad que son las múltiples representaciones; aprovechar las habilidades de los estudiantes en cuanto al uso de las TIC para mejorar la enseñanza de las ciencias en el nivel bachillerato y dar a conocer a los profesores e investigadores metodologías de intervención docente efectivas.

NOTAS

Esta investigación tiene el apoyo del Conacyt CB- 238712.

Los autores agradecen a los profesores y alumnos del CCH que participaron para conformar la muestra.

REFERENCIAS

- Duit, R. & Treagust, D.F. (1998). Learning in science- from behaviourism towards social constructivism and beyond. En B. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*, Part 1, 3-25. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Duschl, R. & Grandy, R. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Framing the debates. En R. Duschl & R. Grandy (Eds.), *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*, 1-37. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Flores, F. (2004). El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas. *Educación Química*, 15, 256-269.
- Flores, F. y Valdez, R. (2007). Enfoques epistemológicos y cambios representacionales y conceptuales. En J. Pozo y F. Flores (Eds.), *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*, 21-35. Madrid: Antonio Machado Libros.
- Gallegos, L., García A. y Calderón, E. (2007), Capítulo 14. Estrategias de enseñanza y cambio conceptual, pp. 239-252.
- Ibarra, A. y Morman, T. (1997). *Representaciones en la ciencia. De la invariancia estructural a la significatividad pragmática*, Barcelona: Ediciones del Bronce.
- Ibarra, A y Morman, T. (2006) *Scientific Theories as Intervening Representations*, *Theoria*, 55, 21-38.
- Karmiloff-Smith, A. (1992) *Beyond Modularity: A Development Perspective on Cognitive Science*. Cambridge, Mass.: MIT Press/Brandford Books, 1-29.
- Wilson, M. (2005) *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.