



Escritura, Geometría e imágenes en el fenómeno de reflexión de la luz

N. Enrique Flores Medina^a, Pilar Segarra Alberú^b

^aEscuela Nacional Preparatoria, UNAM y CICATA-IPN.

^bFacultad de Ciencias, UNAM.

ARTICLE INFO

Received: 28 November 2013

Accepted: 19 June 2014

Keywords:

Pre-university education.
Representation languages.
Conceptual gain.

Educación preuniversitaria.
Lenguajes de representación.
Ganancia conceptual.

E-mail addresses:

quienfm@yahoo.com.mx
psegarra@ciencias.unam.mx

ISSN 2007-9842

© 2014 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The purpose of this work is to show that using different representations help improve student's learning through the use of artistic and analytic tools in the classroom. The intervention was performed with students from pre-university education, they were coursing the last grade on it. This group was from the physical-math area from Escuela Nacional Preparatoria. We worked in geometrical optics and specifically in reflection phenomena. The used sequence has as mains elements, discussion and argumentation between pairs, analyzing environment reflection phenomena, experimenting using low cost materials and different representation languages. We focused of geometry to get equations and images of objects in front of any mirror. Also we used, scientific divulgation papers for analyzing involved physical concepts and students turned them into a narrative form like comics. The sequence and assessment instrument was discussed by expert teachers, with these results we adjust the sequence that was designed previously. At the end of the intervention we did an analysis about outcomes in a quantitative and qualitative way. We found there was a good advantage, because the conceptual gain according with Hake, was 0.70, it means high gain.

El propósito de este trabajo es mostrar que el uso de diferentes representaciones ayuda a mejorar el aprendizaje de los estudiantes, al utilizar tanto herramientas artísticas como analíticas. La intervención se llevó a cabo con estudiantes preuniversitarios, que cursaban el último año de bachillerato de área I, Ciencias Físico-matemáticas, del Plantel 4 de la Escuela Nacional Preparatoria. Se trabajó en la unidad de óptica geométrica y en particular el fenómeno de reflexión de la luz. La secuencia aplicada tiene como elementos fundamentales la discusión y argumentación entre pares, a través del análisis de fenómenos de reflexión en el entorno, experimentos con materiales de bajo costo y el uso de diferentes lenguajes de representación, como la narrativa, Geometría e imágenes. Se hizo énfasis en la Geometría, tanto para deducir las ecuaciones, como para trazar imágenes en espejos planos y esféricos. Asimismo, se utilizaron artículos de divulgación científica para que los estudiantes analizaran los conceptos físicos involucrados, describieran, argumentaran y explicaran a través de una historieta el fenómeno estudiado. La secuencia y el instrumento para la evaluación se elaboraron teniendo en cuenta resultados de la investigación educativa. El instrumento de evaluación fue discutido y evaluado por expertos en un seminario del Colegio de Física y posteriormente aplicado. Con los resultados del examen diagnóstico se ajustó la secuencia diseñada. Para analizar y evaluar la intervención docente y la ganancia conceptual de los estudiantes, se aplicó al final del tema el mismo cuestionario de diagnóstico, Dicho análisis se hizo de manera cuantitativa y cualitativa para cada pregunta y de manera global. Se obtuvo una mejoría sustancial, inicialmente el promedio era 4.5 y al final el promedio fue 7.1, por lo que la ganancia conceptual fue de 0.701, de acuerdo con Hake, es una ganancia alta.

I. INTRODUCCIÓN

La manera tradicional de enseñar Física en el nivel medio superior es a través de dos representaciones: el denominado lenguaje paradigmático, que es el lenguaje propio de la disciplina con sus tecnicismos; y el algebraico, tan conocido y

mal entendido por la mayoría de los estudiantes que se refieren a él como “formulazo”. Frecuentemente se convierte en una fórmula mágica debido a que si siguen ciertas reglas, encuentran un resultado numérico del problema que no son capaces de interpretar, lo consideran carente de significado ya que suele representar algo indescifrable. De tal forma que la Física impartida en el aula no tiene significado en su vida diaria e incluso es contraria a sus creencias, parece que explica fenómenos de otro planeta. El gran abismo que existe entre la Física impartida por el docente y la Física “aprendida” por los estudiantes se debe a gran medida que los profesores en general no toman en cuenta aspectos pedagógicos ni psicológicos y conciben a la Física como una ciencia terminada, con principios y leyes bien establecidos e inamovibles en el espacio-tiempo del aula. Parafraseando a Beuchot (2005), algunos profesores tienen una concepción univocista de la enseñanza y del aprendizaje de la Física. Un aspecto de la propuesta es considerar aspectos psicopedagógicos para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación y retomar lo que Krieger ha denominado el maletín del físico, cuyo contenido son los diferentes lenguajes de representación en los que se basa la comunicación de la ciencia y amalgamarlos con los intereses académicos, talentos y estilos de aprendizaje de los estudiantes para promover el trabajo metacognitivo en la construcción del conocimiento y generar la evolución conceptual.

II. ESTILOS DE APRENDIZAJE

De acuerdo con el modelo de Kolb (citado en DGB/DCA, 2004), existe un ciclo con cuatro fases para adquirir y construir conocimiento:

- a. Experiencia concreta (actuar), que se lleva a cabo al interactuar de manera directa sensorial y afectiva con el objeto de estudio.
- b. Experiencia activa (reflexionar), que se realiza al volver a pensar y analizar los fenómenos observados.
- c. Conceptualización abstracta (teorizar), es una interacción más cognitiva con el objeto de estudio.
- d. Observación reflexiva (experimentar), se lleva a cabo a través de experimentos y sirve para encontrar patrones de comportamiento y/o relación entre las variables involucradas.

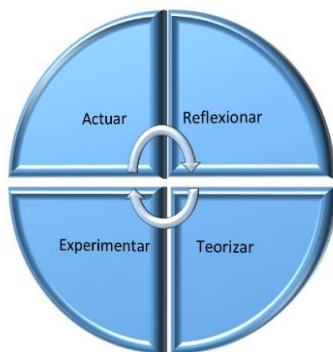


FIGURA 1. Representación del ciclo de Kolb, para construir conocimiento.

De la combinación de estas etapas resultan cuatro estilos de aprendizaje (Pantoja y Duque, 2013):

- a. Pragmático: aprenden mejor a través de experiencias concretas y la actividad experimental.
- b. Reflexivo: su principal forma de aprender se da a través del análisis de las observaciones, sean teóricas y/o experimentales.
- c. Teórico: gustan de la indagación conceptual y matemática de los diferentes modelos para explicar los fenómenos estudiados, son poco propensos a la experimentación.
- d. Activo: le gusta experimentar y analizar los resultados a la luz de alguna teoría establecida.

Para fomentar un trabajo más incluyente en el aula, es necesario tomar en cuenta los estilos de aprendizaje, el nivel cognitivo en el que se encuentran los estudiantes, en nuestro caso, son estudiantes del último año de bachillerato, por lo

que el rango de edades es de 17 a 20 años, de acuerdo con Piaget (1986), se encuentran en la etapa de operaciones formales o etapa hipotética-deductiva y más específicamente se encuentran entre las etapas IIIA y IIIB (Inhelder y Piaget, 2012), por lo que ya tienen la capacidad de abstraer y establecer relaciones entre variables, otro aspecto que se debe tomar en cuenta es la zona de desarrollo próxima de los estudiantes (Vygotski, 1988), por lo que se debe proponer actividades que sean capaces de realizar entre pares y en ocasiones recibir ayuda del profesor, para no caer en la monotonía o generar frustración, el último aspecto que debemos integrar son los intereses académicos y talentos de los estudiantes, para buscar un enfoque acorde con éstos para fomentar el desarrollo cognitivo apoyado con aspectos afectivos.

Siguiendo esta línea, en el aula se realiza actividad experimental, resolución conceptual y numérica de problemas de fin de capítulo y así como problemas auténticos de su entorno académico. En todas las actividades realizadas se procura utilizar los diferentes lenguajes de representación como la retórica, Geometría e imágenes, para abarcar lo más ampliamente posible los estilos de aprendizaje de los estudiantes.

III. RETÓRICA

Existen dos formas de lenguaje escrito para construir y comunicar conceptos científicos: la llamada forma paradigmática, que es propio de la ciencia con sus tecnicismos y significados específicos; y la forma narrativa, que es una manera más cotidiana de divulgar y acercarse al conocimiento científico. Fue Bruner (1985), quién estableció las diferencias entre estos dos tipos de escritura:

III.1 Paradigmática

Es ejemplificada fundamentalmente en el lenguaje de la ciencia, centra su interés en la referencia, esto es, en la tensión de la conexión entre el símbolo y su referente. Aprecia la claridad, busca la precisión, la causalidad, y define el pensamiento en términos de verificación.

III.2 Narrativa

Está mejor reflejada en las artes y las humanidades, enfatiza el sentido; cómo “siente” una persona, una situación, o un objeto. Valora especialmente la configuración, concede más importancia a lo metafórico, habla de intención, de propósito, de acción más que de causa. Lo que el lenguaje narrativo facilita es la credibilidad o verdad del parecido, más que una “verdad” en su verdadero sentido científico.

Frente al paradigmático, el lenguaje narrativo constituye un contexto-sensitivo y se aplica a situaciones locales o particulares; en tanto que los vocablos científicos son considerados universales y ajenos al contexto. En el enunciado narrativo se piensa más de lo que se dice, el texto está abierto a la interpretación.

En suma, para Bruner (1985), existe un elemento epistemológico esencial: diferentes formas de lenguaje determinan diferentes formas de construir e interpretar un conocimiento. Sin embargo; ambos tipos de lenguaje constituyen formas de representación de la información y de desciframiento de la realidad (Negrete, 2008). Por ello es importante establecer un puente cognitivo entre la ciencia que se comunica en el aula, con los intereses académicos y talentos de los estudiantes a través de las formas narrativas, considerando que éstas, son un recurso cognitivo analógico que ayudan a interpretar el mundo. De tal manera, que la narrativa implica interpretación, reinterpretación mesurada, estructuración de la experiencia y el acto de contarle algo a alguien, implica en resumen, transformar el “saber”, en saber decir. Por ende, los relatos nunca son simples copias del mundo, sino que son interpretaciones cognitivas.

III.3 Comics

De acuerdo con datos proporcionados por “La Crónica”, los mexicanos leen en promedio 1.2 libros por persona al año, mientras que el denominado comic: *“ha fungido como el principal acceso a la lectura de millones de mexicanos. En ciudades lo mismo que en comunidades rurales, circulan alrededor —las cifras oficiales varían— de 30 millones de ejemplares nuevos cada mes”* (Orlaineta et al., 2012).

Si al dato anterior le agregamos los comics que conocen los estudiantes a través de la televisión, podemos suponer que están familiarizados con la estructura de los comics, lo cual se puede aprovechar para representar y apropiarse de un conocimiento científico a través de la elaboración de historietas, haciendo uso de la creatividad y de imágenes de personajes que son conocidos por muchos estudiantes, fomentando la traducción del lenguaje paradigmático al lenguaje narrativo que es más accesible para ellos.

IV. GEOMETRÍA

La Geometría ha sido muy utilizada en Física, es un lenguaje de representación menos abstracto que las ecuaciones, debido a que primer acercamiento matemático que tienen las personas con su entorno es a través de la Geometría, observan las formas, las distancias y se obtienen las primeras relaciones entre variables, por ejemplo, percepción del tamaño con la distancia (Mach, E., 2004). Debido a este acercamiento, la Geometría tiene menor dificultad para ser interpretada por los estudiantes, la sienten más flexible que el álgebra y menos subjetiva que la narrativa. Por lo que se puede considerar que la Geometría es una herramienta analógica (Beuchot, 2005).

El uso de la Geometría en Óptica ha sido tan fructífero que incluso una versión de ella se denomina Óptica geométrica. A manera de ejemplo, se puede citar que la representación de la luz a través de rayos, ha permitido mostrar su propagación lineal, deducir a partir de aspectos geométricos, la ley de la reflexión de la luz y el trazo de imágenes en todo tipo de espejos. Sin embargo, el uso de la Geometría tiene que hacerse de manera cuidadosa e interpretar distancias y orientación de los objetos e imágenes adecuadamente para no generar confusión (Santana et al., 2012). No se puede considerar que la Geometría es de aplicación inmediata en Física, se tiene que mostrar cómo usarla y en algunos casos es necesario enseñar los fundamentos básicos a los estudiantes de bachillerato.



FIGURA 2. Alumnos del Plantel 4, “Vidal Castañeda y Nájera” trazando imágenes en espejos esféricos.

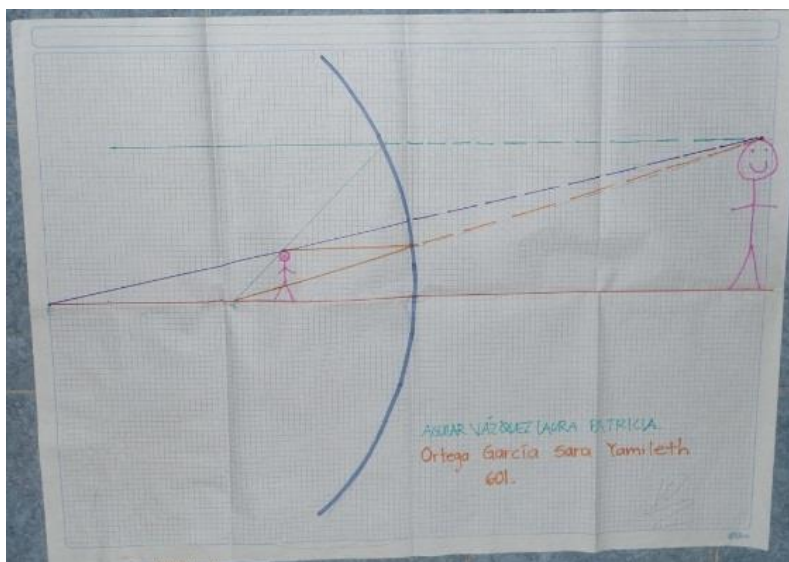


FIGURA 3. Trazo para obtener una imagen en un espejo esférico.

III. IMÁGENES

Quizá sea la representación más subjetiva de las tres representaciones utilizadas, su diseño e interpretación tiene que ver con los conocimientos previos de los estudiantes y con su capacidad de análisis y síntesis, es equivalente al proceso de obtener conclusiones de un texto escrito, se le adjudica ciertas propiedades que deben estar en consonancia con el fenómeno observado. Postigo y Pozo (Citado en Maturano *et al.*, (2009), realizaron una propuesta para interpretar las imágenes, discriminando tres niveles:

- Explícito: reconocimiento de elementos icónicos y simbólicos que constituyen la imagen.
- Implícito: decodificación de símbolos e identificación de relaciones entre elementos.
- Conceptual: obtención de explicaciones y predicciones a partir de la interpretación y análisis de la imagen.

Por otra parte, Beuchot (2005), menciona que existen tres tipos de lectores:

- Empírico: lee mezclando sus intenciones con las del autor y en ocasiones anteponiendo las suyas y dándoles preferencia.
- Ideal: capta lo mejor posible, la intención del autor.
- Liminal: permite que se entrometan ideas suyas en la intención del autor, sin caer en el lector empírico.

Propone que, se debe evitar caer en el univocismo, pensar que sola una interpretación es válida, generalmente la del docente es la que se impone. Tampoco se debe caer en el equivocismo, aceptando cualquier interpretación. Se debe hacer una interpretación mesurada de las imágenes de los estudiantes, tomar en cuenta su nivel cognitivo, talentos, intereses, zona de desarrollo próximo e intencionalidad y no perder de vista que el lector (docente), posee más elementos con los que interpreta y evalúa.

IV. INTERVENCIÓN

La intervención se realizó con un grupo de la asignatura de Astronomía, formado por 12 alumnos, por lo que se puede considerar como un grupo pequeño. El trabajo en el aula, empieza con la explicación del docente, usando presentaciones multimedia que contienen imágenes estáticas y/o animaciones, formas narrativas y lenguaje paradigmático, con la finalidad de mostrar las bondades de las representaciones y tratando de obtener la atención de la mayoría de los estudiantes. Durante la clase se plantean preguntas, se da un tiempo razonable para que piensen en la pregunta y en la

respuesta, se elige al azar al estudiante que debe responder, después de que algunos estudiantes han respondido, se forman pequeños equipos de 4 ó 5 integrantes, para que continúen discutiendo entre pares y lleguen a conclusiones que socializan en una discusión plenaria. Posteriormente, si hay discrepancias se sugiere una actividad experimental, para contrastar, rectificar, ratificar o generar nuevas ideas y continuar la discusión y argumentación con base en las observaciones experimentales. En cuanto a los artículos de revistas de divulgación científica, historia de la ciencia o libros de ciencia ficción, se utilizan para profundizar en el tema, conocer aplicaciones e investigaciones de frontera, que generalmente no vienen en los libros de texto, se discute en el grupo, se aclaran dudas y se solicita a los estudiantes que empiecen a trabajar la narrativa y la utilización de imágenes, a través de la elaboración de un comic o un cuento escrito en papel o digitalizado con cualquier programa *ad hoc*.

En primera instancia, se permite libre elección de la representación que los estudiantes quieran utilizar y posteriormente se les pide realizar la traducción a las otras representaciones, lo importante es que reconozcan y utilicen sus habilidades y talentos, para construir nuevos conceptos, ya que en algunas ocasiones no son suficientes las palabras para comunicar nuevas ideas, aunque estén familiarizados con dichas palabras, puede faltar el concepto; sin embargo, cuando el concepto ha madurado, casi siempre hay una palabra disponible. De esta manera, descubren con sorpresa que cada cosa tiene nombre, valoran la función simbólica de las palabras. Entonces el lenguaje y el pensamiento convergen (Vygotsky, 2011).

El uso de la Geometría se tiene que llevar a cabo de manera minuciosa y explicar detalladamente durante la clase los fundamentos y la manera de realizar los trazos, cuando los estudiantes han alcanzado cierta destreza y confianza, se dejan ejercicios de tarea, que se resuelvan de manera geométrica. No se puede suponer que la transferencia de la Geometría se da en automático en la Física.

Cuando los estudiantes han adquirido dominio en las diferentes representaciones, resuelven con mayor éxito los problemas numéricos, ya que un dibujo o un diagrama, resulta de suma utilidad, les ayuda a visualizar las variables que intervienen y facilitan a identificar las condiciones iniciales de un problema.

V. RESULTADOS

- A través de las historietas y cuentos, los estudiantes establecen un vínculo entre el significado cognitivo y el afectivo.
- La transferencia de la Geometría a la Física, se dificulta a los estudiantes. Desde el trazo de rectas tangentes y normales hasta encontrar las relaciones entre triángulos semejantes.
- Se mejoró la construcción e interpretación de los conceptos de la Física, a través de los lenguajes de representación que utilizaron los estudiantes.
- Se observó una mejoría en la resolución de problemas numéricos.
- Para evaluar la intervención pedagógica, con los resultados obtenidos a través de los instrumentos de evaluación, se aplicó la ecuación para calcular la ganancia conceptual propuesta por Hake (2013), nos dimos cuenta que se había obtenido mejoría sustancial, inicialmente el promedio del grupo era 4.5 y al final el promedio fue 7.1, por lo que la ganancia conceptual fue de 0.701 y de acuerdo con Hake (1998), es una ganancia alta.

VI. CONCLUSIONES

Al realizar la intervención en el aula, utilizando la secuencia diseñada, los estudiantes pudieron interpretar y reinterpretar desde diferentes ángulos, el conocimiento adquirido y construido, manipulando los diversos lenguajes en diferentes niveles cognitivos, lograron una evolución conceptual de manera holística. Sin embargo; creemos que se debe hacer una intervención más cuidadosa con el uso de la Geometría en Física. Por lo demás, el uso de las diferentes representaciones mostró sus bondades.

REFERENCIAS

- Beuchot, M. (2005). *Perfiles esenciales de la hermenéutica*. México: UNAM. 4ª ed.
- Krieger, M. (1987). *The physicist's toolkit*. University of Southern California. Los Angeles, California 90089-0042. (Received 27 August 1986; accepted for publication 23 January 1987). Reprinted with permission from the American Journal of Physics 55 (11), November pp. 1033–1038. Recuperado de: <http://pluslucis.univie.ac.at/Archiv/ICPE/B2.html>. Consultado en: agosto de 2014.
- DGB/DCA. (2004). *Manual de estilos de aprendizaje. Material autoinstruccional para docentes y orientadores educativos*. México: SEP. Recuperado de: http://www.plandecenal.edu.co/html/1726/articles-310477_archivo.pdf. Consultado en: julio de 2014.
- Pantoja, M., Duque, L. & Correa, J. (2013). Modelos de estilo de aprendizaje: una actualización para su revisión y análisis. *Revista Colombiana de educación*, 64, 79-105. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcde/n64/n64a04.pdf>. Consultada en: septiembre de 2014.
- Piaget, J. (1986). *Seis estudios de Psicología*. México: Origen-Planeta.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (2012). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. España: Paidós.
- Vygotski, L. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Grupo Editorial Grijalbo.
- Bruner, J. (1985). *Formas de conocimiento paradigmático y narrativo en la enseñanza y el aprendizaje*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Negrete, A. (2008). *La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas*. México: CEIICH UNAM.
- Orlaineta, S., García-Salcedo, R., Sánchez, D. y Guzmán, J. (2012). Los comics en la enseñanza de la Física: Diseño e implementación de una secuencia didáctica para circuitos eléctricos en bachillerato. *Lat. Am. J. Educ.* 6(3), 466-481.
- Mach, E. (2004). *Space and geometry in the light of physiological, psychological and physical inquiry*. USA: Dover. (Originalmente publicado en 1906).
- Santana, A., Rodríguez, Y. & Gómez, E. (2012). Construction of ray diagrams in geometrical optics: a media-focused approach. *Physics education*, 47, 715-720. Recuperado de: <http://iopscience.iop.org/0031-9120/47/6/715>. Consultado en: septiembre de 2014.
- Maturano, C., Aguilar S. & Núñez, G. (2009). Conversión de imágenes al lenguaje escrito: un desafío para estudiantes de ciencias naturales. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* 6(1), 63-77. Recuperado de: <http://www.apac-eureka.org/revista>. Consultada en: septiembre de 2014.
- Beuchot, M. (2005). *Tratado de hermenéutica analógica, hacia un nuevo modelo de interpretación*. México: Facultad de Filosofía y letras, UNAM-Ítaca. 3ª ed.

Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data introductory physics courses. *Am. Phys.* 66, 64-74. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1119/1.18809>. Consultado en: julio de 2014.