



El arte en la Física: Una opción creativa para la enseñanza

E. Muñoz^a, L. S. Mejía^b

^aEstudiante del programa de Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Estudiante perteneciente a la Línea de Investigación de Formación de Maestros del grupo de Investigación ECCE (Grupo de Estudios Culturales sobre la Ciencia y su Enseñanza).

^bLicenciada en Matemáticas y Física, Universidad de Antioquia. Maestra en Ciencias, Universidad de Antioquia. Doctora en Educación, Universidad de Antioquia. Docente adscrita a la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y a la Institución Educativa CEFA en el Municipio de Medellín. Miembro del grupo de Investigación de Estudios Culturales sobre la Ciencia y su Enseñanza- ECCE. Asesora de práctica y guía del presente trabajo.

ARTICLE INFO

Recibido: 08 de maio de 2015

Aceptado: 02 de junho de 2015

Palabras clave:

Enseñanza de la Física.

Arte.

Estrategias de enseñanza.

E-mail:

emunozestrada@gmail.com

luzes1stel@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2015 Institute of Science Education.

All rights reserved

ABSTRACT

This paper proposes an alternative of the contents of the area of physics teaching at school level an artistic perspective that includes some expressions in the field of the Visual arts such as painting, illustration (which may include drawing, cartoon or caricature), photography and sculpture; Likewise, film history and illusion instruments that give a contribution from visual art.

Is then consider these qualities that has the art of having, encourage and prepare who observed him, so there lies the point of view of those who created it and who contemplates it, resulting in a more open and personal communication. To appreciate a work of art, the viewer carries out an appraisal; an attempt to understand and appreciate what the artist intends to express through their work, the way in which manipulates its tools according to his technique, mastery of the material and the appearance, which has on its content. This assessment also includes an intention by the observers of identified, correspond, discovered or compare their own experiences. What known, what you like or what in its interior from form, the image or thought wants and can to be interpreted.

In this sense, art offers the possibility of bringing that knowledge cold and closed that the student receives in the classroom, especially in areas of knowledge like physics where school-wide student presents a double difficulty, on the one hand management models and mathematical expressions, and on the other the understanding of physical phenomena at the conceptual level. Regarding the latter, propose art as motivational element for the teaching of physical concepts takes relevance, then become a deeper experience, which is currently connected with everyday life, the sensible and the cultural teaching of physics, it is to guide the student in the understanding of their own reality and that is the central interest of the present paper.

El presente trabajo propone una alternativa de enseñanza de los contenidos del área de la Física a nivel escolar desde una mirada artística que incluye algunas expresiones del ámbito de las artes plásticas como lo son la pintura, la ilustración (que puede incluir el dibujo la historieta o caricatura), la fotografía y la escultura; así mismo, la historia cinematográfica y los instrumentos de ilusión óptica que dan un aporte desde el arte visual. Se trata entonces de considerar esas cualidades que tiene el arte de disponer, propiciar y preparar a quien lo observa, en tanto allí subyace el punto de vista de quien lo crea y de quien lo contempla, dando lugar a una comunicación más abierta y personal. Al apreciar una obra de arte, el espectador realiza una valoración, un intento por comprender y apreciar lo que el artista pretende expresar a través de su obra, la forma en la que manipula sus herramientas de acuerdo a su técnica, el dominio del material y la apariencia que tiene respecto a su contenido. Dicha valoración también incluye una intención por parte del observador de identificarse, corresponderse, descubrirse o comparar sus propias vivencias, lo que conoce, lo que le gusta o lo que en su interior desde la forma, la imagen o su pensamiento quiere y puede interpretar.

En ese sentido el arte brinda la posibilidad de acercar ese conocimiento frío y cerrado que el estudiante recibe en el aula, especialmente en áreas del saber cómo la Física donde el estudiante a nivel escolar presenta una doble dificultad, por un lado el manejo de modelos y expresiones matemáticas y por el otro la comprensión de los fenómenos físicos a nivel conceptual. Respecto a ésta última, proponer el arte como elemento motivador para la enseñanza de algunos conceptos físicos toma relevancia, pues convertir la enseñanza de la Física en una experiencia más profunda, que se encuentre conectada con lo cotidiano, con lo sensible y con lo cultural, es guiar al estudiante en el entendimiento de su propia realidad y ello es el interés central de la presente ponencia.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día en el ámbito escolar constantemente se hace referencia a la necesidad de brindar al sujeto una formación integral, que involucre no solo un conjunto de saberes específicos propuestos desde la academia, sino que además se le puedan brindar herramientas que le permitan contextualizar el conocimiento y enlazarlo con la vida, con su entorno y su cotidianidad; sin embargo, al abordar los contenidos de manera cerrada y mecánica no se contribuye a dicho ideal y ello es algo que persiste en el campo de la enseñanza de la Física a nivel escolar.

Se aprende para el momento, dado que se le da más relevancia a la solución, aplicación y reemplazo de modelos matemáticos, lo que lleva a interpretar que quien sabe aplicar las fórmulas y modelos es quien sabe Física. La comprensión de los fenómenos físicos a nivel conceptual en ocasiones queda relegada a un segundo plano, siendo posiblemente una vía de enseñanza motivadora, que tenga en el estudiante un impacto significativo para su vida. A propósito de la importancia de la motivación, Rodríguez y Huertas (2000), reconocen la diferencia que existe entre aprendizaje y motivación, pero al mismo tiempo la vinculación que puede haber entre ambas.

En ese sentido, la presente investigación ofrece una alternativa de enseñanza, bajo la cual se proponen algunas miradas y prácticas concernientes al arte, para que este se convierta en un elemento motivador para la enseñanza de la Física escolar. El acceso al conocimiento científico desde una visión más subjetiva y sensible no es algo ajeno al arte, por ende la valoración de la obra de arte, como un detonante de emociones independientemente de si son positivas o negativas, podría apropiarse a favor de la enseñanza de la Física. Al respecto se realizó una serie de actividades prácticas y artísticas enfocadas desde una mirada cinematográfica en la Institución Educativa CEFA de la ciudad de Medellín (Colombia), dirigidas a estudiantes del grado décimo en la modalidad de Ciencias y Salud, siendo un ejercicio práctico para observar la dinámica que involucra la creación de una propuesta artística que de lugar a una obra de arte. Se logra evidenciar la necesidad que los estudiantes tienen de interactuar no solo con el conocimiento sino con nuevas formas de llevarlo al aula.

Es así que si bien se lleva a la práctica una pequeña parte de las miradas artísticas que se pretenden abordar a lo largo de la investigación, se realiza en todo momento un análisis de las mismas para identificar cómo pueden ser apropiadas y qué correspondencia podrían tener con los contenidos que en Física se abordan a nivel escolar. De esta manera se pretende Hallar un punto de encuentro entre Física y arte desde el ámbito educativo, lo cual implica echar mano de la creatividad y estos son los elementos que forman en términos generales el principal objetivo de la educación para con los sujetos. Según Juanola (1997), este camino establece paralelos de comprensión del mundo y permite acceder a una relación directa con el mismo a partir de la experiencia educativa.

II. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de esta investigación se realizó una búsqueda de antecedentes, en torno a trabajos investigativos que datan del 2006 al 2010 y que en principio se acercaran a considerar las relaciones del arte con la ciencia. A medida que se fue avanzando en la revisión, se encontraron investigaciones que proponían identificar ciertos elementos del ámbito artístico que podían tener un punto de convergencia con la ciencia y algunos otros que abordaban de manera histórica diversas consideraciones respecto a esta relación, en donde se habla de esa ruptura entre el arte y la ciencia a pesar de su constante intercambio; sin embargo cabe mencionarse que no todas las investigaciones eran de corte pedagógico y

educativo, es decir que se trataban de propuestas generales y teóricas para considerar la manera en la que se ido transformando a través del tiempo la relación arte-ciencia.

Así mismo fue posible hallar aquellas investigaciones que trataran la relación del arte con la Física, pero que fueron encontradas con un enfoque más hacia la Física moderna y a la óptica, donde si bien el tema central no era la enseñanza, si se identificaba una posibilidad de apropiar algunas propuestas artísticas a la enseñanza de la Física, pero que por el contenido que implica la Física a nivel escolar no permitían que fueran consideradas por un tiempo más prolongado debido a que no logran abarcar diversas temáticas que son considerarlas desde la Física newtoniana. Desde los dos grandes ejes temáticos que fue posible identificar a través del rastreo realizado, se presentan a continuación los conceptos e ideas más relevantes de las investigaciones revisadas:

II.1 La relación arte-ciencia

Partiendo entonces de dicha relación, se encuentra la investigación de Antonio Francisco Cachapuz¹, “Arte y Ciencia: ¿Qué papel juegan en la educación en ciencias?”, donde se plantea la idea de romper con los límites disciplinares actuales para defender una visión de la educación en ciencias que permita la articulación de otros conocimientos. Dicha idea se apoya en la teoría del pensamiento complejo que propone Edgar Morín, la cual sugiere una nueva relación que permita al joven adquirir el conocimiento de manera estratégica, pues de ello depende su desarrollo integral y armonioso. De acuerdo a lo anterior a lo largo de la investigación se muestran ejemplos en donde se evidencia ese cruce entre arte y ciencia y las implicaciones que tiene dicha relación en una educación alternativa en ciencias. Dichos ejemplos son basados en experiencias o estudios realizados por profesores y que muestran la integración del arte en la ciencia desde lo didáctico. Dos de ellos el profesor y poeta Rómulo de Carvalho y António Gedeão profesor de Física y química de secundaria, proponen un ejercicio de construcción de poesía cuyo tema central es la Física, cualquiera de sus conceptos, teorías o fenómenos.

Con base en lo descrito antes se propone además como alternativa de enseñanza de la Física: el teatro y la dramatización, Cachapuz (2007, p. 291) lo menciona nuevamente a través de los siguientes ejemplos:

Lerman (2003) explota el teatro, la danza y el cómic en una perspectiva de enseñanza de la Química para todos. También la compañía Arte y Ciencia en el Palco de S. Paulo/Brasil, ha presentado recientemente (2005) tres obras de teatro para celebrar el centenario de la publicación de los cinco artículos de Einstein que cambiaron el curso de la Física, bajo los títulos, “Copenhage”, “Y ahora señor Feynman?” y “La danza del Universo”. Con respecto a la controversia surgida alrededor del descubrimiento del oxígeno por Lavoisier, Priestley y Scheele en el siglo XVIII, los químicos Roalf Hoffman (premio Nóbel) y Carl Djerassi escribieron la obra de teatro “Oxígeno” (llevada a la escena en 2006, en Portugal).

La idea de Cachapuz además de mostrar algunos ejemplos de ese entrecruzamiento entre arte y ciencia, es generar una reflexión a propósito de la formación docente y que éste deberá estar preparado para tomar en cuenta aportes de otras disciplinas que al igual que la suya también presenta rupturas pero que a través del intercambio y cooperación entre estas, se puede generar una nueva alternativa de enseñanza. La investigación concluye proponiendo la interdisciplinariedad como una opción para contribuir con la formación integral del estudiante.

Tomando como referente otra perspectiva, se encuentra la investigación de las docentes Diana Rodríguez, Luz Ángela Gómez y María Angélica Carrillo², cuya investigación denominada: “Incidencia de la Inteligencia Emocional a partir de los lenguajes artísticos en las prácticas pedagógicas de la escuela”, plantea la inclusión de la inteligencia

¹ Profesor asociado de la Universidad de Aveiro, Portugal.

² Proyecto de investigación desarrollado por las docentes representantes de las tres licenciaturas de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Pedagógica Nacional, a saber: Artes Escénicas, Música y Artes Visuales. Este estudio fue aprobado en Convocatoria Interna para Grupos con Proyectos de Investigación en Educación y Pedagogía 2009 de la Universidad Pedagógica Nacional y debe culminar en marzo de 2010. Se constituye en un resultado de la experiencia del Colegio Académico para el Estudio y Desarrollo de la Inteligencia Emocional de la UPN, coordinado por la profesora Gloria Valencia Mendoza, así como, de los distintos Programas de Formación Permanente de Docentes adelantados por el grupo a propósito del tema.

emocional y los lenguajes artísticos en las prácticas pedagógicas. Al hablar de la inteligencia emocional y los lenguajes artísticos con un fundamento pedagógico se refieren a que "...se constituyen en escenarios de reconocimiento y transformación no sólo de las prácticas pedagógicas, sino del ser humano que aprende, enseña y vive diariamente el encuentro con el saber" (p. 25). Es así que la investigación gira en torno a dos objetivos, uno referido a la inteligencia emocional como "constructo teórico" que dista de miradas objetivistas o funcionalistas y que está más en diálogo con aquellos discursos de tipo pedagógico y que están en relación con la educación artística. El otro va de la mano con el reconocimiento de lo anterior en el ámbito educativo y el papel que juega en el docente.

La investigación trata la relación cognición-emoción, donde se clarifica que el concepto de emoción no necesariamente está ligado a la inteligencia emocional, es un concepto además asociado al arte y sus percepciones, a la cognición, de ahí que se hable de arte-emoción-sentimiento; por otra parte se habla de la relación escuela- arte y emoción, donde se hace claridad en que no necesariamente la inteligencia académica implica el éxito o satisfacción del sujeto y en donde además se habla de la inteligencia emocional en la escuela en tanto debería promover el desarrollo de la sensibilidad y proponer la conjunción de ambas inteligencias (académica y emocional) por medio de la autoreflexión, con el fin de que el estudiante se dé cuenta de su actuación y cómo se percibe ante los demás.

Es así que las investigadoras Rodríguez, Gómez y Carrillo (2009) expresan:

De esta manera la inteligencia emocional subyace en la experiencia artística al abrir y brindar a los estudiantes posibilidades de apropiación de la relación consigo mismo, con el otro y con el entorno, permite abrir contextos de exploración en canales sensoriales diferentes a la visión y la audición, involucra el cuerpo en su totalidad y la riqueza que toda la propiocepción y la kinestesia nos ofrecen para un conocimiento más integral y el desarrollo de una conciencia más inteligente y total (p. 32).

Finalmente, la investigación pone en consideración los desafíos de la misma; uno de orden epistemológico que deja atrás el pensamiento unidireccional en la investigación y reconoce la coexistencia de diversos procesos investigativos, se rompe con la idea de investigación como una serie de instrumentos o rutas; otro desafío es de orden conceptual, donde se amplía la mirada entorno a la inteligencia emocional y los lenguajes artísticos donde la sensibilidad emerge en el proceso de enseñanza y aprendizaje; un tercer desafío de carácter metodológico, frente a la adaptación de la inteligencia emocional y los lenguajes artísticos en el ámbito escolar y un cuarto se refiere a la superación de fantasías (la investigación y sus rutas) y fantasmas (la imposibilidad de cambio y la incapacidad de investigar por parte del estudiante y el docente). Se concluye que toda investigación proviene del reconocimiento de la subjetividad de quien enseña y de quien aprende.

II.2 La relación arte-Física

Se toma en cuenta otra de las investigaciones que se relaciona más directamente con el tema de cómo inmiscuir el arte en la enseñanza de la Física, es el caso de la investigación "Recuperar el afán de conocimientos de Leonardo Da Vinci en la era de las nuevas tecnologías: arte, ciencia y vida cotidiana", trabajo desarrollado por las docentes María Begoña Carretero y María Ángeles Sánchez³, donde la preocupación de un grupo de profesores, lleva a indagar en torno a lo que llaman "innovación educativa" y cuyo eje central es tomar la figura de Leonardo Da Vinci, como personaje inspirador en la interconexión de diversas disciplinas del saber, un ejemplo claro que se le puede brindar al estudiante para el desarrollo de actividades innovadoras y académicas.

Los objetivos de la investigación se centran en transformar el proceso de enseñanza y aprendizaje de manera que se vuelva más participativo e interdisciplinar, con el fin de dar más protagonismo al estudiantado y sus familias, que por el contexto en el que se encuentra la institución educativa sobre la cual se realiza el análisis se evidencia la falta de interés por aprender, dado que es de carácter rural.

³ Docentes e integrantes del grupo de profesores de enseñanza secundaria pertenecientes a la I. E. S. Isabel la Católica de Guadahortuna, Granada.

El proyecto de investigación de Carretero y Sánchez (2007), se desarrolla a través de una contextualización y conocimiento de Leonardo Da Vinci y sus trabajos, por lo tanto se realiza el diseño de actividades que ayudan a dinamizar no sólo el área del saber de la Física, como conocimiento presente en todo momento en Leonardo, sino además la forma en la que el estudiante capta el conocimiento. Es así que Carretero y Sánchez (2007) mencionan:

Se han diseñado y llevado a cabo actividades para mejorar la formación en valores y actitudes de nuestro alumnado, que a la vez les han servido para adquirir diferentes contenidos y procedimientos. Para ello se han usado todos los recursos que nos ofrecen las nuevas tecnologías. En los talleres, hemos intentado reconstruir la época del Renacimiento contagiando a nuestros alumnos del afán de conocimientos propios tanto del momento como de Leonardo da Vinci. De esta forma hemos favorecido la aceptación de costumbres y culturas diferentes. Con la realización de estos talleres se buscó, y se ha conseguido dar un enfoque diferente a las clases de manera que el alumnado pueda adquirir conocimientos de una forma más participativa (p. 535).

A lo largo del artículo investigativo, se hacen reflexiones y se expresan las emociones y ventajas que generó dicho cambio metodológico, es por ello que se concluye dando un análisis de los resultados obtenidos de las actividades y el impacto que generó en los estudiantes.

Otra de las investigaciones interesantes constituida como propuesta, que pudo ser rastreada a propósito de la enseñanza de la Física a través del arte, es el trabajo del profesor Christian Wagner López⁴ denominado “Luz, arte y Física. La Física en la pintura”, acerca del cual se realizó una reseña en la Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2009). Allí realizan una descripción general de su trabajo, el cual consta de un libro, un CD y una serie de presentaciones de PowerPoint, herramientas que funcionan de acuerdo a Wagner (2009):

Como una forma de enseñar y divulgar la Física que parte de la investigación de los fenómenos físicos reproducidos por los pintores y se presenta como una visita a un museo virtual guiados por un profesor de Física. No es una crítica de arte sino un acercamiento al Arte desde la Física. Es igualmente, un curso divulgativo de Física para el que no se requiere un nivel previo y está especialmente indicado para aquellos que piensan que la Física no es lo suyo (p. 154).

Wagner consigue llevar a cabo un programa novedoso basado en el “trazado por la luz” y en el que parte de la propagación de la luz de manera rectilínea, los reflejos y la refracción de la luz que sufren los rayos y con ello a continuación realiza un estudio óptico instrumental. Los cuadros que pone en evidencia en su estudio, permite una iniciación en el método científico con la observación, planteamiento de hipótesis y comprobación que puede realizarse por medio de maquetas de los cuadros. Al hablar de luz relaciona el hecho de medir la velocidad de la luz por parte de Galileo y con ello llegar al estudio del movimiento, comparando “la forma de expresarlo el artista y de analizarlo el físico” (Wagner, 2009, p. 153).

Finalmente la propuesta de Wagner logra impactar gran parte de los contenidos de Física además de los ya mencionados y es tomada como una guía y una propuesta de enseñanza para secundaria, como material complementario en cursos de Física y de Óptica a nivel universitario.

Por último se encuentra la investigación de Edvin Ostergaard⁵ denominada “Composing Einstein: exploring the kinship of art and science” (Una traducción válida del título podría ser: “Einstein componiendo: Explorando la relación del arte y la ciencia”), donde se habla de la figura de Einstein, desde su forma de pensar, los aportes que por ende realizó en el campo científico y su pensamiento existencial, algo que también habita en el arte; es así que a lo largo de la investigación se aborda la relación entre música, Física, ciencia y arte, desde la complementariedad. Se habla de la composición como reflexión artística sobre la Física de Einstein de 1905 y a partir de allí el investigador realiza una reflexión acerca de la obra artística y científica. Por lo tanto los objetivos en los cuales se centra la investigación giran en torno a la posibilidad de analizar qué principios o temas comunes y su expresión hay entre la Física y la música; en segundo lugar, la conceptualización de la relación entre el arte y la ciencia y sus procesos similares de transformación.

⁴ Catedrático de Bachillerato en excedencia y Profesor Titular de Universidad con destino en el Departamento de Física de la Materia Condensada de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz. Aparte de su labor investigadora, ha realizado múltiples trabajos y publicaciones sobre la Física y su enseñanza.

⁵ Profesor asociado al Departamento de Ciencia Matemática y Tecnología, Universidad de las Ciencias de la vida de Noruega.

La investigación concluye entonces basándose en algunos experimentos mentales y teóricos, teniendo en cuenta que la complementariedad es la visión de la ciencia y el arte como disciplinas distintas pero que pueden contribuir a una construcción del saber científico más diverso y enriquecido.

Al observar la descripción de las investigaciones mencionadas antes, la relación que prevalece es la de arte- ciencia, al igual que propuestas concretas en el caso de la relación arte- Física; las investigaciones reflejan una parte de la esencia del presente trabajo como lo es la relación arte- Física desde el aula; todas rondan la idea de una estrategia novedosa de enseñanza que toma ciertos elementos artísticos pero no los muestra con la suficiente profundidad.

III. METODOLOGÍA

III.1 Participantes y criterios de selección

Para la aplicación de los instrumentos se contó con la participación de 10 estudiantes del grado décimo, que hacen parte de las líneas de formación en Ciencias Químicas (grupo 1) y en Salud (grupo 5) de la Institución Educativa CEFA (Centro Formativo de Antioquia), ubicada en el centro de la ciudad de Medellín, de carácter oficial, femenina y de gran diversidad en cuanto al estrato socioeconómico. La elección de los participantes se realizó con base en criterios como: la dificultad que se le presenta en la comprensión de los conceptos físicos, el gusto e inquietud por nuevas formas de aprendizaje, la falta de motivación y la disposición que se tiene para participar.

III.2 Enfoque investigativo, tipo de estudio y estrategias de recolección de información

La presente investigación se inscribe en el paradigma cualitativo, debido a que busca proponer la enseñanza de algunos conceptos físicos a nivel escolar desde ciertas perspectivas artísticas, contando además con la posibilidad de interpretar la forma de actuar de los sujetos frente al conocimiento en el área de Física, su disposición y motivación. Dicho enfoque investigativo permite además observar la relación que los estudiantes hacen de los contenidos con su contexto cultural y la forma en la que asumen una alternativa de enseñanza nueva.

Tal y como expresan Rodríguez, Gil y García (1996), la investigación cualitativa ofrece el estudio de la realidad en su contexto natural, permitiendo interpretar los fenómenos de acuerdo al significado que tienen para las personas involucradas; así mismo la investigación cualitativa implica la utilización y recolección de gran variedad de materiales (entrevistas, experiencia personal, historias de vida, observaciones, textos históricos, imágenes, sonidos, etc.), que contribuyen a dar sentido y describir la rutina de las personas desde el contexto en el que viven. Así mismo el tipo de estudio que responde a las necesidades de la propuesta, es el Método de Estudio de casos, desde un enfoque descriptivo, interpretativo y por supuesto instrumental, con el fin de observar la incidencia del arte en la enseñanza de los contenidos en Física, seleccionando al menos tres de los participantes y la información recuperada para dichos casos, contando además con los fundamentos teóricos para obtener un contraste de datos.

Como estrategias para la recolección de información fueron implementadas: el cuestionario, con el fin de realizar un primer acercamiento a la disposición y punto de vista del estudiante frente a la Física y la opción que podría tener el arte como estrategia de enseñanza; la observación no participante, participante y el diario pedagógico, que juntos cumplen una función de seguimiento del proceso sin intervenir de forma directa en el mismo; la realización de un proyecto artístico partiendo del concepto de movimiento que involucra la creación de un zootropo como primer acercamiento artístico, la elaboración de un collage, la observación del concepto de fuerza a través de la escultura y algunos registros fotográficos del proceso de las estudiantes, son actividades que permitieron observar el desempeño y la planeación de un proyecto artístico tanto grupal como individual. Por último el análisis documental como estrategia complementaria con el fin de realizar una comparación y relación de lo práctico con lo teórico y por ende llevar a cabo un estudio más riguroso y preciso.

III.3 Fases o momentos de la investigación

Con el fin de dar un orden y distribución adecuada a la investigación, se realizó una serie de fases que permitieron orientarla. En un primer momento se realizó una revisión documental que ayudó a la construcción de los antecedentes, en tanto se llevó a cabo una Indagación y revisión cronológica de la relación arte-ciencia-Física y que además aportó a al diseño y aplicación de un cuestionario de indagación como prueba piloto, el cual a su vez se convirtió en un elemento clave para la elaboración de las estrategias y actividades realizadas en el aula por medio de la apropiación de elementos artísticos concretos; dichas actividades fueron planeadas de acuerdo al periodo escolar y sus contenidos, de ahí que junto con el diario pedagógico se convirtieron en un aporte fundamental en pro de la observación no participante y participante.

Como eje central de la investigación y a la par de las estrategias mencionadas antes, se realizó un marco teórico, a través del cual fue posible contrastar toda la información obtenida, tomando en profundidad aquellos conceptos tanto teóricos como históricos que permitieran guiar y desarrollar las categorías de investigación propuestas en un principio, en el que empezó a pensarse el problema de investigación. Al mismo tiempo fue esencial para la búsqueda de propuestas artísticas que si bien no estaban relacionadas explícitamente con la enseñanza y mucho menos con la Física, podían aportar desde el estilo, el material utilizado y la expresión.

Con el fin de indagar un poco más en la postura que cada estudiante tomó frente a la posibilidad de relacionar el arte con la Física, se realizó la muestra de una película⁶, en donde fue posible observar las inferencias, ideas, y relaciones que establecían frente a múltiples conceptos de Física que eran trabajados en ese momento. De ahí que se aprovechara para realizar de nuevo una observación esta vez no participante y que mostrara la actitud, motivación, creatividad, claridad o confusión en los conceptos físicos y la forma de ver el mundo respecto a lo que aprendió.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Partiendo de la recolección de datos a partir del cuestionario (el cual cabe mencionar fue diseñado con la valoración por parte de pares académicos y la asesoría de la docente directora de práctica), el cual fue aplicado como prueba piloto a veinte estudiantes, de las cuales fueron escogidas cinco encuestas, se seleccionaron las respuestas más completas, aquellas que siguieron de manera adecuada las instrucciones del cuestionario. Así mismo se respetó la confidencialidad de las estudiantes y la selección fue realizada de manera rigurosa en tanto se descartaron aquellas que no fueron completadas. La información recuperada fue analizada de acuerdo a las siguientes categorías de investigación y con base en ello fue posible diseñar las actividades artísticas y manuales realizadas en el aula de clases con ambos grupos de décimo grado.

Como primera categoría de investigación se tiene la apropiación de algunas perspectivas artísticas de la Física escolar, en donde se trata de buscar específicamente desde la pintura, la ilustración, la fotografía, la escultura y cinematografía, una forma de ser apropiadas para encontrar un punto de encuentro con la Física; así mismo a partir de un análisis documental se tiene en cuenta otras propuestas en donde abordan alguna temática desde la Física desde un tipo de mirada o perspectiva artística. En una segunda categoría se trata de identificar qué contenidos de la Física pueden ser mostrados desde una visión artística; en particular el concepto de movimiento. Finalmente una tercera y última categoría, aborda la formación integral y como a su vez la formación científica en unión con la formación estética aporta a la formación del sujeto, transformando su forma de ver el conocimiento y como lo relaciona con el mundo.

⁶ La película proyectada fue "Tiempos Modernos" de Charles Chaplin, quien fue su director y guionista. Fue producida en 1937, una película muda y musicalizada, en donde se realiza una crítica al capitalismo a la deshumanización y explotación del hombre, mostrando la vida del obrero en la fábrica y la subvaloración del mismo. La película tiene una duración de 89 minutos.

TABLA I. Categorías y subcategorías de investigación con su respectivo plan de análisis, este último se muestra de manera general a través de unas fases o momentos que guían el análisis de resultados por categoría.

PRIMERA CATEGORÍA: Apropiación de algunas perspectivas artísticas para la enseñanza de la Física escolar	
SUBCATEGORÍAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. La pintura, la escultura, y la cinematografía su aplicación en la Física escolar. 2. Otras propuestas de trabajos rastreados alrededor de diversos contenidos de Física en relación con algunas perspectivas artísticas.
PLAN DE ANÁLISIS	<ul style="list-style-type: none"> • Se analizan las diversas temáticas que pueden tener un fundamento artístico, eliminando la idea de realizar en todo momento una enseñanza desde lo teórico o lo numérico. • Se evalúa el Interés que suscitan las perspectivas artísticas seleccionadas para fines de la aplicación de la propuesta en conjunción con la curiosidad y ganas que los estudiantes participantes muestran para involucrarse con el arte. • Se da una resignificación de la Física, proponiéndose un conocimiento frontera.

A continuación se muestra una tabla o cuadro donde aparecen las categorías y subcategorías de análisis, que fueron el referente tanto para el diseño como para el análisis de la información obtenida:

Parte de las conclusiones obtenidas luego de la aplicación de los instrumentos, fueron aportadas en parte por el análisis del cuestionario, en términos del diseño de las actividades en el aula para realizar un contraste entre las respuestas, la disposición y motivación que mostraron las estudiantes a lo largo de la aplicación del proyecto artístico y el impacto que generó para constatar la posibilidad de incorporar el arte en la Física. Además del cuestionario se realizó al final de las actividades una composición escrita por parte de las estudiantes, de las cuales se seleccionaron cinco para llevar a cabo un proceso de triangulación con el cuestionario.

Cabe aclararse que este proceso no fue el análisis central de la investigación y más bien fue realizado en términos de realizar un ejercicio práctico a modo de experimentar una pequeña parte de lo que la propuesta pretende desarrollar, debido al tiempo dispuesto para tales efectos; es así que el principal componente del análisis de resultados fue determinado por el análisis documental y de contenido, realizado a partir de las categorías, con la intención de indagar por alternativas de enseñanza de la Física desde las perspectivas artísticas inicialmente propuestas, partiendo de la búsqueda de artistas y técnicas que permitieran pensar una posible adopción dentro de un contenido determinado en Física de acuerdo a su carga conceptual, lo cual es precisamente la intención de la presente investigación.

Se trata entonces de una investigación con una gran carga teórica, en tanto trata de englobar todo aquello que el arte propone, para ingeniarse la manera de llevarlo a la enseñanza conceptual de la Física en principio de algunos contenidos, pero con la ambición de aplicarlo a todos los contenidos del área a nivel escolar. Es por eso que cabe mencionarse e insistir en que esta es un primer acercamiento a ese ideal.

En ese orden de ideas se sigue con el proceso de triangulación, entre la información obtenida desde la intervención en el aula (la cual incluye, además del cuestionario y la composición, las observaciones y el diario de campo) y el marco teórico, con el fin de realizar una reflexión frente a la importancia y contundencia o no de dicha propuesta, algo que va directamente relacionado con la motivación (concepto clave dentro de las investigaciones revisadas). El análisis documental y de contenido a su vez será contrastado con lo anterior para dar cuenta a partir de esta experiencia, la posible viabilidad y contundencia en pro de la formación integral del sujeto.

IV.1 PRIMERA CATEGORÍA: Apropiación de algunas perspectivas artísticas para la enseñanza de la Física escolar

IV.1.1 La pintura, la escultura, y la cinematografía su aplicación en la Física escolar

Como primera subcategoría, la intención es mostrar cómo algunas expresiones artísticas ayudan a cambiar la forma de ver y percibir en este caso la Física, en tanto se trata de una perspectiva de arte visual, que parte de la imagen para

mostrar una postura o expresar algo por parte de quien lo crea. Lo especial de ello es que no solo se trata de llevar a cabo la organización de unos elementos o herramientas a través de una técnica determinada, sino el reflejo de los fenómenos o conceptos físicos que detrás de la imagen prevalecen como si estuvieran ocultas pero al observar detalladamente allí se encuentran para ser descubiertas, tal cual los fenómenos en Física y la naturaleza a grande o pequeña escala.

No es en vano que se hable de trabajos investigativos que involucran la ilustración como una alternativa más amena y creativa de enseñar Física, como es el caso de una investigación denominada: “The Art of physics: using cartooning to illustrate Newton’s laws of motion” realizado por Spevak (2008), quien menciona que para hacer mucho más agradable la clase y que sea menos orientada al cumplimiento de tareas, ha desarrollado lecciones que permiten a sus estudiantes construir y expresar su comprensión frente a las Leyes de Newton, por medio de dibujos animados o caricaturas. A través de las ilustraciones es posible darse cuenta de los verdaderos vacíos o falta de comprensión de un concepto por parte del estudiante.

En ese sentido es fundamental cómo se percibe un fenómeno de manera visual para luego ir más allá de lo que se observa y tratar de modelar la situación por medio de las expresiones matemáticas apropiadas. Así mismo la fotografía y la pintura brindan una alternativa similar que permite incluso conocer las características de un instrumento como la cámara fotográfica que en su funcionamiento involucra conceptos físicos, al igual que para el caso de la pintura, cómo interviene la teoría del color.

Así mismo la escultura brinda elementos como la modelación y el trabajo en conjunto de las manos y la mente, la observación hace parte fundamental de este tipo de representación artística y puede brindar elementos físicos más reales respecto a los fenómenos físicos.

IV.1.2 Otras propuestas de trabajos rastreados alrededor de diversos contenidos de Física en relación con algunas perspectivas artísticas

Luego de realizar un sondeo bibliográfico de investigaciones que proponen una relación entre algunos temas concernientes a la Física y el arte, la gran mayoría contaban con una relación desde la óptica trayendo a colación instrumentos usados en épocas como el renacimiento, con el fin de proyectar imágenes y agrandarlas para dibujarlas, artefactos que usan como elemento central la luz y dan una explicación evidente del por qué se puede hablar de arte y ciencia, en este caso de óptica en relación con el arte y la proyección de imágenes.

Es el caso del Dr. Ismael Núñez, docente adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República en Montevideo, Uruguay, quien realiza una charla de divulgación en el 2011, llamada “Luz y sonido: La Física y el arte”, donde habla sobre la incidencia de la Física en la creación artística desde orígenes remotos y como en culturas como la egipcia, griega y romana, los arquitectos y escultores hacían uso del conocimiento que tenían sobre la estática, para construir sus edificios y monumentos artísticos. Así mismo el Dr. Núñez, discute sobre los avances en físico-química y en Óptica en el siglo XIX, que ofrecieron la posibilidad de registrar imágenes de sucesos como una maravillosa forma de “viajar al pasado” a través de la fotografía.

De igual manera los descubrimientos para capturar el movimiento de imágenes dieron lugar a los primeros orígenes de la cinematografía. La introducción de nociones como la teoría del color y su construcción teórica revolucionó la fotografía y el cine. Cómo los anteriores son muchos los ejemplos a través de la historia que el Dr. Núñez ejemplifica como es el caso del desarrollo de la acústica y su aporte al desarrollo de los instrumentos musicales.

Otra de las investigaciones que permiten valorar el trabajo de creación artística y que como vimos en renglones anteriores está en constante diálogo al parecer con la ciencia y más específicamente en este caso con la Física, es el trabajo investigativo de Bondía (2010), llamado “El Arte de cada día: proyecto educativo para la escuela de hoy”, en el cual se hace más evidente el acercamiento del arte a la dinámica educativa, pero de una forma general es decir no integrado al contenido de un área en específico, sin embargo reconoce el progreso o cambio y transformación del conocimiento a partir de ello. Al respecto Bondía (2010, p. 4), menciona:

El principal objetivo que perseguimos es el de crecer rodeados de arte y hacer de ello algo cotidiano para los alumnos. «El Arte de cada día» tiene como base la idea de ser educado en el lenguaje visual. En saber ver y leer una imagen para poder comprender el mundo eminentemente visual en el que nos toca vivir. Esto nos aporta un bagaje visual que favorece la creación de conocimiento y lo valida para la expresión, el entendimiento y disfrute de ese lenguaje tan ligado a la cultura y al ser humano desde que nacemos (dibujamos antes que escribimos).

A lo largo de la investigación se muestra una forma de buscar la interacción de los escolares con algunos artistas invitados para acercar el arte a ellos, pero además pretende ayudar a los sujetos a tomar una postura frente al mundo y al mismo tiempo a valorar su individualidad en tanto su forma de pensar, expresarse y actuar es única. Vemos aquí el reflejo de lo que puede llamarse una formación integral, en la que no solo se trata de dar a conocer un contenido, se trata de saber cómo usarlo en la vida.

Como estos trabajos muchos más fueron rastreados y aportan de alguna manera a entender el sentido que tiene la propuesta y la importancia de apropiarse del arte en la Física, en principio a nivel escolar. La idea de esta segunda subcategoría es mostrar cómo la relación arte-Física se ha pensado en ámbitos diversos o como en el caso de la última investigación mencionada, comienza una preocupación por recurrir a la creación y expresión del sujeto como individuo para desenvolverse en una comunidad, se reconocen los beneficios de la mirada artística en la escuela.

IV.2 SEGUNDA CATEGORÍA: Conceptos físicos enfocados desde el arte

IV.2.1 El concepto de movimiento usando algunas perspectivas artísticas

Para el caso de esta subcategoría, fue precisamente alrededor de ella que se realizó la experiencia de aula, siendo este uno de los temas centrales que hace parte del contenido del área de Física a nivel general o con la profundidad exigida de acuerdo a la modalidad del grupo con el cual se esté trabajando. Es así que fue un tema que se exploró con más detalle, pues fue posible aplicar las actividades artísticas partiendo de la realización de un instrumento para el movimiento de imágenes en los inicios de la cinematografía, como es el zootropo. Este instrumento consta de un tambor giratorio en cuyo interior se acomoda una secuencia de imágenes en una cinta de papel, de manera que al girar el tambor el cual a su vez consta de unas pequeñas ventanas o las cuales se puede ver al interior del mismo, se puede observar las imágenes que ahora parecen ser un solo objeto en movimiento.

La construcción de dicho instrumento, permitió poner a prueba la noción de movimiento, en tanto ahora surge la idea de que posiblemente este sea dado por la ilusión óptica y poner esta idea en contraposición con el concepto de movimiento desde la Física, hace que pueda generarse controversia o discusión al respecto. ¿Qué pasa con las concepciones que se tiene frente al movimiento?, ¿cómo se relacionan ambas formas de ver el movimiento? Estos y otros interrogantes pueden llevar a que las reflexiones se sitúen en un ámbito más real o consciente, en tanto el estudiante se pregunta por la forma en la que normalmente vive este fenómeno y cómo podría describirlo.

Por otra parte en el trabajo de investigación realizado por Moreno de Redrojo (1998) titulado: “Movimiento, mecánica y arte: momentos posibles para un arte cinético”, aborda no solo el concepto del movimiento visto desde la Física, se toma en cuenta dicho concepto desde lo real, desde lo que se observa, lo que se logra apreciar e interpretar del mismo, es decir lo que sugiere el movimiento y lo que entendemos por él. En el siguiente aparte puede elaborarse una idea más clara no solo frente al objetivo mismo de dicho trabajo, sino el significado que en la presente investigación inspira tal postura, Moreno de Redrojo (1998, p. 7) menciona como objetivo central:

...como principio del movimiento podemos dar inicio a este trabajo, donde el Arte Cinético se va a convertir en el punto de mira a lo largo de todo el recorrido y donde vamos a tratar a ese fenómeno, **movimiento**, como factor o elemento principal, que estará presente a lo largo de todo el trabajo y, a la vez, nos va a servir como nexo de unión entre los otros dos términos que hemos empleado en el título (mecánica y arte). Términos que queremos enlazar, de alguna forma, para justificar o dar contenido a esa idea de Arte Cinético, como un movimiento artístico interesado en su expresión a través del mundo de la técnica y de la ciencia; donde la mecánica o la ingeniería, como disciplinas representantes de las funciones prácticas e intelectuales que van a tener que ver con todo lo relativo al

estudio del movimiento y su materialización a través de las máquinas, nos van a ofrecer con éstas y la idea de su función y desarrollo, el marco adecuado para el surgimiento de un nuevo arte.

Desde este punto de vista podría decirse que una opción para entender el concepto de movimiento estaría dada por el Arte Cinético, que puede aportar herramientas fundamentales para clarificar el concepto de movimiento en el arte y la Física. Este punto de vista permitió por parte de las estudiantes la realización de imágenes con movimiento, en donde era claro a través de ellas darse cuenta de la noción de movimiento instaurado, en cada una.

IV.3 TERCERA CATEGORIA: Formación estética en relación con la formación científica, hacia una formación integral

IV.3.1 Formación estética

Antes de mencionar la formación estética en todo el sentido de la palabra, es importante hablar un poco de la formación del sujeto desde la perspectiva de Farina (2005, p. 21) que toma base en el pensamiento de Foucault, mencionando:

De este modo la formación del sujeto surge como una práctica de los modos de ver y nombrar las formas de la experiencia en la que ese sujeto se configura. Pues, en Foucault, la formación del sujeto se entiende como una práctica de sí que produce saber, y se asume como una tarea a realizar.

Como se observa en este apartado, el sujeto está atravesado por la experiencia y de ella depende la formación del mismo. Ahora bien, la estética de acuerdo a Dewey (citado en Paredes, 2009), “se comporta como experiencia educativa al ser la que cualifica de manera más profunda los juicios críticos que se hacen frente al mundo” (p. 2). En la anterior afirmación puede verse la relación que existe entre la formación, la estética y la experiencia, elementos fundamentales como parte de una visión artística educativa.

En términos nuevamente de Farina (2005, p. 4), se refiere a la formación estética como:

Por eso intento atender a lo que hace el arte actual con la noción de sujeto, a cómo expone esta noción a la experiencia misma de los sujetos. Este planteamiento enfoca los procesos de formación estética del sujeto actual. Y entiende la formación no sólo como aquello que se lleva a cabo en las escuelas o instituciones de enseñanza, sino como aquello que configura las maneras como nos relacionamos cotidianamente con nosotros mismos y nuestro entorno. Los procesos de formación conciernen a cada individuo y al mismo tiempo le ubican como un fenómeno colectivo. En estos procesos se genera un conjunto de maneras no sólo de hacer, sino de entender las cosas en nuestra vida cotidiana, se genera nuestra experiencia misma.

De ahí que la formación estética aporte ese valor individual y a la vez social basado en la experiencia, que es en pocas palabras el aporte que desde el arte puede hacerse al aprendizaje de contenidos de Física que necesitan ser referenciados en la realidad y se buscan sean identificados por los estudiantes en su entorno y contexto social.

IV.3.2 Formación Científica

Esta subcategoría, tiene en cuenta los resultados del análisis de la información obtenida desde la experiencia aplicada en el aula, resaltando que en definitiva la formación en ciencias y específicamente en Física es baja y en el estudiante no se está generando un significado claro de los conceptos que se abordan en clase. En esa misma línea la solución de problemas a partir de modelos matemáticos es mecánico y es asociado al cumplimiento de un deber académico, el estudiante no ve otras alternativas que puedan ser conjugadas con lo que aprende de la Física.

Por otra parte es posible que sea muy riguroso hablar de Formación científica en estudiantes de secundaria, donde de acuerdo al sistema educativo, el programa de Física y química en Instituciones de carácter oficial es iniciado a partir del grado décimo, sin haber realizado una introducción de temas que se complejizan por el nivel con el cual llegan a este grado.

IV.3.3 Formación integral

Si bien la formación científica tiene grandes vacíos, tomando como referente la Institución donde se realizó la práctica, a pesar de las modalidades que ofrece para llegar a profundizar de acuerdo a los intereses de las estudiantes, puede utilizarse de acuerdo a estas líneas de profundización, es decir, de acuerdo al ideal de persona a formar propuesta por la institución, la implementación en el área de la Física de una alternativa de enseñanza a través del arte, principalmente en las modalidades cuya carga conceptual exige más trabajo y análisis por parte de las estudiantes.

La formación estética en unión con la formación integral, podrían ofrecer una visión más profunda y contribuir a formar una postura más crítica frente al contexto social, inspira la valoración de su entorno y su propio proceso de aprendizaje. Desde esta perspectiva sería apropiado repensar la formación integral, para saber cuáles elementos son fundamentales y necesariamente deben hacer parte de ella, para que la experiencia educativa desde un área del conocimiento como la Física pueda tomar un enfoque con sentido más cotidiano y que ofrezca alternativas más enriquecidas desde el interés que suscita para cada persona; ahí es donde la experiencia estética cobra vida en tanto cobra vida el individuo y su forma de expresar lo que vive sin desconocer la colectividad.

IV. CONCLUSIONES

IV.1 El arte como elemento motivador para la enseñanza de algunos conceptos físicos a nivel escolar

Partiendo de la idea de realizar una propuesta alternativa para la enseñanza de la Física a nivel escolar con la implementación e integración de algunas perspectivas artísticas, se logró captar el interés de las estudiantes, a pesar del poco gusto que en ocasiones genera el área en cuestión; mostraron resultados favorables frente al trabajo colaborativo, atención, creatividad y realización de un proceso artístico para abordar el concepto de movimiento. Se confirmó el supuesto de que los estudiantes necesitan y responden positivamente frente a un cambio y una nueva forma de aprender los contenidos correspondientes a una de las áreas que ellos identifican como “dura”. La propuesta investigativa fue innovadora y llevó a que las estudiantes manifestaran un gusto por la forma en la que fue diseñada la clase.

IV.2 El proceso creativo, la asimilación de conceptos físicos desde el arte y la motivación

Frente a la forma en la que se llevó a cabo el proceso creativo para la construcción de la propuesta artística, con base en el zootropo un instrumento cinematográfico para generar movimiento en las imágenes, fue concluido con éxito por las estudiantes realizando un trabajo colaborativo; sin embargo es necesario reconocer que fue de gran dificultad para ellas el manejo de material manualmente, a pesar de recibir algunas guías previamente para darles una idea frente a la forma y al funcionamiento. Por otra parte en algunos momentos se generó desorden y mostraban frustración frente a la planeación y organización del proyecto.

La motivación fue buena, pero a pesar de ello algunas estudiantes no se sintieron inspiradas por las actividades, manifestaban actitudes y comentarios desfavorables, sin embargo en ocasiones lograron unirse al equipo de trabajo y continuar desarrollando la actividad con entusiasmo.

IV.3 La formación estética, la formación científica hacia una formación integral

De acuerdo al análisis de la información, fue posible situar la formación estética en un lugar preponderante ya que ofrece la posibilidad de impulsar la formación integral y más autónoma por parte del sujeto. En ese sentido la formación científica también puede crecer en tanto se le muestre al estudiante la ciencia en este caso la Física como algo inacabado y que se encuentra en conexión con todos los ámbitos sociales.

Respecto a este punto, puede ser ampliado en la medida que se vaya realizando una observación y análisis más profunda del actuar del sujeto en la medida que propuesta se desarrolle de forma más extensa, para observar los intercambios e interacciones de los estudiantes con los contenidos, consigo mismo y con los demás.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento al Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP) y al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, por el apoyo otorgado para la asistencia al evento LASERA 2013; de igual manera al Grupo de Estudios Culturales sobre la Ciencia y su Enseñanza (ECCE) por el aval y respaldo para la realización del presente trabajo. A Vicerrectoría de Extensión, Relaciones Internacionales y a Bienestar Universitario de la Facultad de Educación, todos entes administrativos de la Universidad de Antioquia.

Por último un agradecimiento a la Dr. Luz Stella Mejía Aristizábal, directora y asesora de práctica, por el apoyo y acompañamiento constante en el proceso de avance y realización de esta investigación.

REFERENCIAS

Rodríguez, M. & Huertas J. A. (2000). Motivación y cambio conceptual. *Tarbiya*, 26, 51-71.

Juanola, I. T. (1997). Arte, ciencia y creatividad: un estudio de la escuela operativa italiana. *Arte, individuo y sociedad*, 9, 11-31.

Cachapuz, A. F. (2007). Arte y ciencia: ¿Qué papel juegan en la educación en ciencias? *Revista Eureka para la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 287- 294. Recuperado de: base de datos EBSCO. Consultado el: 20 de agosto del 2012.

Rodríguez, D., Gómez, L. A. & Carrillo, M. A. (2009). La inteligencia emocional a partir de los lenguajes artísticos en las prácticas pedagógicas. *Pensamiento, palabra y obra*, 2, 4-14.

Carretero Gómez, M. B. & Sánchez, M. A. (2007). Recuperar el afán de conocimiento de Leonardo Da Vinci en la era de las nuevas tecnologías: Arte, ciencia y vida cotidiana. *Revista Eureka para la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 526-538. Recuperado de: base de datos EBSCO. Consultado el: 22 de septiembre del 2012.

Wagner López, C. (2009). Luz, arte y Física. La Física en la pintura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 153-154.

Ostergaard, E. (2006). Composing Einstein: exploring the kindship of art and science. *Interdisciplinary science review*, 31(3), 261-274. Recuperado de: base de datos EBSCO. Consultado el: 1 de octubre del 2012.

Rodríguez Gómez, G., Gil Florez, J. & García Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Archidona-ESP: Ediciones Álgibe. pp. 39-59.

Spevak, A. (2008). *The Art of physics: using cartooning to illustrate Newton's laws of motion*. *The Science Teacher*. pp. 44-46. Recuperado de: base de datos EBSCO. Consultado el: 15 de agosto del 2012.

Núñez, I. (2011). Luz y sonido: La física y el arte. Asociación de Profesores de Física del Uruguay. *XXII Encuentro Nacional de Profesores de Física. XI Encuentro Internacional de Educación en Física*.

Bondía Alberola, G. (2010). El arte de cada día: Proyecto educativo para la escuela de hoy. *Puls*, 33, 161-187.

Moreno de Redrojo, A. (1998). *Movimiento, mecánica y arte: Momentos posibles para un arte cinético*. Tesis doctoral. Universidad de la Laguna. San Cristóbal de La Laguna, España.

Farina, C. (2005). *Arte, cuerpo y subjetividad. Estética de la formación y pedagogía de las afecciones*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona, España.

Paredes Oviedo, D. M. (2009). *La experiencia estética como experiencia educativa. Pensamiento, palabra y obra*. pp. 16-23.

Farina, C. (septiembre, 2005). Formación estética y estética de la formación. *I Seminário Educação, Imaginação e as Linguagens Artístico-Culturais*. Brasil.