



**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON  
ESPECIALIZACIÓN EN EDUCACIÓN CIENTÍFICA**

**METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA CON ANALOGÍAS  
EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE DE LA FÍSICA**

**OMAR ADBEEL MUÑOZ APARICIO**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS  
PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIZACIÓN EN EDUCACIÓN CIENTÍFICA  
(MENCIÓN EN FÍSICA)**

**PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ  
1998**

APROBADO POR:

*L. de Isaac*

\_\_\_\_\_  
DRA. LYDIA DE ISAACS  
PRESIDENTA

*Orlando Concepcion*

\_\_\_\_\_  
DR. ORLANDO CONCEPCION  
MIEMBRO

*Luis Calvo*

\_\_\_\_\_  
DR. EUIS CALVO  
MIEMBRO

*José Luis*

\_\_\_\_\_  
REPRESENTANTE DE LA VICERRECTORIA  
DE INVESTIGACION Y POSTGRADO

Fecha: 13/10/98

2 JUL 1999

obs. del autor

## INDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1 Problema de investigación .....	3
1.2 Importancia del estudio .....	4
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Definición de analogía .....	7
2.2 Clases de analogía .....	10
2.3 Investigaciones sobre la enseñanza con analogías .....	11
2.4 Modelo de enseñanzas con analogías .....	15
<b>3. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>17</b>
3.1 Planteamiento del problema .....	18
3.2 Hipótesis .....	18
3.3 Tipo de estudio .....	19
3.4 Muestra .....	19
3.5 Instrumento de medición .....	20
3.6 Procedimiento .....	20
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>27</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>32</b>
A. Instrumento de medición .....	33
B. Aplicación del modelo modificado de Glynn al tema: El funcionamiento físico del ojo humano. ....	41

## **INDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1. Resultados de la pre-prueba y post-prueba.....</b>	<b>24</b>
---	-----------

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1. Modelo modificado de Glynn .....</b>	<b>16</b>
---	-----------



## NOMENCLATURA

ECA: Enseñanza con analogías.

$H_0$ : Hipótesis nula.

$H_i$ : Hipótesis investigativa.

c: Control.

e: Experimental.

X: Media aritmética.

S: Desviación típica.

gl: Grados de libertad.

$\alpha$ : Nivel de confianza.

$t$ : Estadígrafo de Student

## **RESUMEN**

El objetivo principal de este estudio fue indagar si la enseñanza con analogía incrementaba el aprendizaje de la física. Para ello, se empleó el modelo modificado de Glynn. Se seleccionaron dos grupos de estudiantes de cuarto año de secundaria: uno de control y otro experimental. Se aplicó la metodología correspondiente al grupo experimental a través de tres módulos: el funcionamiento físico del ojo humano, el sistema referencial y el análisis de gráficas de posición versus tiempo. El grupo de control continuo con el método magistral. Se sometieron a ambos grupos a una pre-prueba y a una post-prueba. Se encontró que al aplicar la enseñanza con analogía, ésta aumentaba significativamente el aprendizaje de la física. Se presentan recomendaciones para el uso de la enseñanza con analogías (ECA), se discuten las limitaciones de esta metodología y se sugieren futuras investigaciones.

## **SUMMARY**

The main purpose of this study was to determine whether teaching with analogy (TWA) increases physics learning. The modified Glynn's teaching with analogy model was used. Two groups of students from a secondary fourth level were selected as the experimental group and the other as the control group. The experimental group was treated with the TWA by means of three topics: the human eye physical functioning, reference frame, and graphical analysis (position versus time). The control group was taught with the traditional teaching method. A pretest and posttest were taken by both the experimental and control group. The findings showed that by applying TWA, physics learning was increased significantly. The research presents recommendations for using TWA, future research and TWA limitations.

## **CAPITULO 1**

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El proceso de aprendizaje de nuevos conceptos en la educación científica y tecnológica por parte de los estudiantes siempre ha representado un nuevo desafío a cada docente del área. Es por este hecho que la comunidad de investigadores del aprendizaje de las ciencias siempre ha tratado de hallar a través de sus estudios las metodologías que sean más fáciles y apropiadas para la enseñanza en este campo.

El camino ha sido largo, pero con logros significativos. Sin embargo, durante muchos años los docentes en el área de física han empleado las analogías sobre diferentes temas sin percatarse que son espadas de doble filo ya que pueden ser tan beneficiosas como perjudiciales (Glynn, 1989).

Así se tiene, por ejemplo, que se utiliza la ley de la gravitación universal para explicar la ley de Coulomb, el flujo de agua para introducir la corriente eléctrica, el sistema solar para explicar la estructura de un átomo, etc.; pero en la mayoría de los casos, sin que el docente haga uso de las analogías de manera sistemática y sin que esté consciente de los antecedentes cognoscitivos del estudiante. Estos hechos reales y que se dan a menudo, conducen al planteamiento de la siguiente pregunta: ¿Cómo influye un proceso

sistemático de la enseñanza con analogías en la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes?

## 1.2 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Toda investigación en el área educativa contribuye, con mucha frecuencia, al conocimiento del sistema de educación del país donde se realiza, es decir, a comprender en qué se ha fallado por años y cuáles son las bases que deben fortalecerse y multiplicarse. Por muchos años, los resultados en el aprendizaje de la física por parte de la mayoría de los estudiantes de diferentes niveles han sido pobres y han causado un número considerable de inconvenientes tanto a docentes como a estudiantes.

Es importante destacar que en un alto porcentaje de los nuevos docentes del área de física utilizan las metodologías y técnicas de enseñanza que fueron empleadas por sus profesores, pero con frecuencia en temas inapropiados y de manera incorrecta. También, hay que recalcar que Panamá no posee una tradición investigadora para perfeccionar el proceso enseñanza-aprendizaje de su sistema educativo y que en el área de la educación científica es sumamente débil.

Además, se habla con constancia e insistencia de la modernización de la educación panameña y, por consiguiente, debe ir aparejada de las metodologías más adecuadas en la enseñanza. En este caso particular, al investigar si la enseñanza sistemática con analogías tenía algún impacto en la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes panameños, se lograron determinar y comprobar hechos interesantes citados más adelante

y los cuales enriquecen este campo del saber. Todo este conjunto de hechos son aportes importantes para la sociedad panameña ya que la aplicación correcta de la enseñanza con analogías contribuye a incrementar el interés por la física, mejora el rendimiento académico y, en resumidas cuentas, ayuda a reducir el índice de fracasos. Por tales hechos, esta investigación en el área de la construcción del conocimiento de la física por parte de los estudiantes, cobra hoy mayor relevancia ya que el docente tendrá al alcance de sus manos señalamientos específicos y claros de cómo emplear la enseñanza con analogías en física y hacer así su labor educativa más exitosa.

## **CAPITULO 2**

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 Definición de Analogía

El término analogía deriva su origen etimológico del griego “analogia” que significa proporción o correspondencia. En otras palabras se tiene que la razón 4:10 es análoga a la razón 2:5. De aquí se infiere que desde su aparición en la historia, el término analogía ha cambiado su significado sensiblemente. Es por ello que en los alrededores de 1954, el matemático Polya definió la analogía de la siguiente manera: **“Una analogía es una clase de similitud”**. Además, agregó que dos sistemas eran análogos si se podían establecer relaciones claras entre sus constituyentes. Entonces para Polya un triángulo es análogo a un tetraedro o a una pirámide. Sin embargo, esta definición es vaga y poco útil en educación.

Por otro lado para Govier (1988), **una analogía es una comparación de dos cosas generalmente disímiles las cuales son similares en alguna manera y a través de la cual se concluye que deben ser similares en otra segunda manera.**



Por consiguiente, la estructura general de una analogía para Govier es:

Artículo X	Artículo Y
Premisa:	Premisa:
...tiene la característica 1	...tiene la característica 1
Premisa:	Conclusión:
...tiene la característica 2	...tiene la característica 2

Para Govier, las analogías por poseer esta estructura pueden ser fuentes de error, por ejemplo, un profesor dice a sus alumnos de una escuela oficial: “Cualquier estudiante que pierda el tiempo vagueando debe ser arrestado ya que es la misma cosa que robar dinero al estado.” Para este caso la estructura de razonamiento que está usando el profesor es la siguiente:

Robar	Perder el tiempo en la escuela
Premisa 1:	Premisa 1:
Se toma dinero sin retribución de servicios.	Se toma dinero sin retribución de servicios.
Premisa 2:	Conclusión:
El infractor de la ley debe ser arrestado.	El estudiante ofensor de la ley debe ser arrestado.

En el caso de Gentner (1989), éste considera que **una analogía es una correspondencia entre el conocimiento de un dominio (la base) y el conocimiento de otro dominio (el objetivo) la cual establece que el sistema existente de relaciones entre los objetos de la base se mantiene entre los del objetivo.**

En otras palabras, Gentner percibe una analogía como un sistema de modelos en el cual el dominio fuente o base es utilizado para comprender el dominio objetivo o resolver algún problema similar. Por tal razón, sustenta su definición en la teoría de modelos de Tarski (1954) la cual afirma:

Un modelo,  $M$ , es una triplete ordenada consistente de una función de correspondencia homomórfica,  $F$ , de un sistema relacional,  $S$ , a otro  $S'$ ,

$$M = \langle S, S', F \rangle$$

El sistema relacional,  $S$ , es una  $n$ -tupla ordenada consistente de un conjunto de objetos,  $O$ , y algún número  $m$ , de relaciones sobre  $O$ ,

$$S = \langle O, R_1, R_2, \dots, R_m \rangle$$

El segundo sistema relacional  $S'$ , se define análogamente como:

$$S' = \langle O', R'_1, R'_2, \dots, R'_m \rangle$$

y la función  $F$  establece una correspondencia de objetos en  $S$  a objetos-en  $S'$ ,  $F: O_i \rightarrow O'_i$

En conclusión, Gentner afirma que la analogía debe ser un modelo que establezca una relación unívoca entre el dominio fuente y el dominio objetivo, es decir, una función.

Todo este análisis hecho por Gentner permite ampliar y comprender más fácilmente lo que es una analogía y cómo se emplea este concepto en la educación.

Por otro lado, Thiele et al. (1995) sugiere utilizar como una definición de trabajo del concepto analogía la siguiente: "Es una correspondencia hasta cierto grado entre conceptos, principios o fórmulas de alguna forma disímil. Más precisamente es una correspondencia entre características similares de esos conceptos, principios y fórmulas".

De manera simple, una analogía es el proceso de identificar similitudes entre dos conceptos. Aquel concepto que es familiar se conocerá como el análogo y el otro concepto que no es familiar se conocerá como el objetivo (Thiele et al., 1995). Los aportes que hacen Thiele et al., aclaran y afirman la definición de analogía y facilitan entender en la práctica cuándo se está trabajando con una analogía en educación científica.

## 2.2 Clases de Analogía

Para efectos de este estudio se clasificarán las analogías en dos tipos: las analogías explicativas y las analogías lógicas (Shurter y Pierce, 1986). Se entenderá por una analogía lógica al método de razonamiento que demuestra la similitud real entre dos objetos el cual lleva a inferir que porque son similares en muchos aspectos (premisas), entonces lo serán en otros (conclusión). Si se analiza detalladamente esta definición se observará que corresponde básicamente a la estructura de una analogía dada por Govier (1988). Véase la sección 2.1.

Es importante destacar que si las analogías lógicas no se utilizan adecuadamente, pueden guiar a conclusiones erróneas. Examínese la analogía lógica siguiente:

Todas las universidades son centros educativos y algunos centros educativos son escuelas primarias, entonces algunas universidades son escuelas primarias.

La estructura lógica que se está utilizando es la siguiente: Todas las X son Y + Algunas Y son Z lo cual implica que algunas X son Z.

Es evidente que la conclusión obtenida a partir de las dos premisas correctas es totalmente errónea.

Por ello, es frecuente el uso de analogías lógicas como contra argumentos, para demostrar la falacia de muchos razonamientos.

En cuanto a la analogía explicativa se tiene que es un método de interpretar lo desconocido en términos de lo conocido y, por consiguiente, establece una comparación entre dos objetos en cierto grado diferentes. Como método de enseñanza, la analogía explicativa es una herramienta muy útil ya que permite hacer familiar o aceptable lo que se desea aprender en términos de lo que se sabe. Sin embargo, debe quedar claro que no se debe utilizar como fuente de razonamiento ya que es expositiva. A pesar de este hecho los publicistas, las usan para manipular la conciencia de los televidentes. Es muy frecuente que se presenten anuncios comerciales en donde una estrella de cine o deportista famoso usa algún producto de una determinada compañía y el publicista muy sutilmente guía al posible cliente a que concluya que si utiliza el producto del anuncio comercial él será como la estrella de cine o el deportista. Es el caso de Michael Jordan cuando aparece en un comercial jugando con un tipo específico de zapatillas. Obviamente se encontrarán muchas diferencias entre Michael Jordan y las circunstancias de los televidentes.

### **2.3 Investigaciones Sobre la Enseñanza con Analogías**

Durante muchos años las analogías han sido utilizadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los nuevos estudiantes que participan en el sistema educativo en sus diferentes niveles: primario, secundario y universitario. Sin embargo, no es hasta inicios de los 90 que una corriente de investigadores de la educación científica trata de definir

más concretamente la metodología más certera para su utilización en la enseñanza de las ciencias y así evitar que éstas se conviertan en fuentes de concepciones erróneas.

Entre los teóricos que han contribuido sensiblemente en el campo del razonamiento analógico se encuentran: Holyoak (1983 y 1985) , Gentner (1983, 1988, y 1989) y Vosniadou (1989). Para ellos, en general, el razonamiento analógico involucra la transferencia de información de un dominio que ya existe en la memoria: fuente o base y el cual será utilizado para explicar otro nuevo dominio: objetivo o blanco (Vosniadou y Ortony, 1989).

Para algunos investigadores que trabajan en el área de resolución de problemas, el razonamiento analógico es un mecanismo que es utilizado principalmente por los novicios que carecen de reglas o esquemas mentales. Este razonamiento contribuye a que los novicios aprendan reglas generales y los esquemas mentales que carecen, pero cómo y cuándo ocurre dicha generalización, no se ha logrado determinar (Collins y Burstein, 1989). También Anderson y Thompson (1986) sostienen que las analogías se utilizan en las primeras etapas de la resolución de un problema y facilita la creación de una estructura abstracta y la correspondiente regla. Además, afirma que la super-generalización se evita con algunos casos empíricos y restricciones heurísticas.

En esa misma línea de ideas, Holyoak y Thagard (1989) mantienen que en efecto la analogía es un gatillo que produce la inducción. Además, Vosniadou y Ortony (1989) aseveran que los expertos utilizan el razonamiento analógico, no obstante, estos lo emplearán para generar una analogía que resuelva un problema y no como una mera correspondencia entre un análogo y un objetivo. Así se tiene que Johannes Kepler desarrolló su concepto del movimiento planetario al observar un reloj trabajando

(Bronowski, 1973) y Huygens utilizó el movimiento ondulatorio del agua para comprender la estructura de la luz (Duit, 1991). Así mismo, Maxwell logró describir matemáticamente las líneas de fuerza de Faraday (Gee, 1978) y Frederick Von Kekule concluyó que las moléculas orgánicas de la bencina eran cadenas cerradas o argollas después de percibir las como serpientes que se mordían la cola (Friedel et al., 1990). En el mismo orden de ideas, los biólogos perciben que el microcosmo y el macrocosmo son versiones de lo mismo sólo que a diferentes tamaños (Arber, 1964). Arber sostiene que el hecho de ver la naturaleza del ser humano como un microcosmo ha llevado a avances importantes en el desarrollo de la biología. Alega que el descubrimiento de la circulación de la sangre por Harvey en 1619, se fundamenta en dos principios básicos de Aristóteles: la perfección del movimiento circular y el paralelismo entre el microcosmo y el macrocosmo. También, Konrad Lorentz, premio Nóbel de Medicina en 1936, sustenta que las analogías han sido una fuente apreciable de conocimiento en medicina al igual que para evolucionistas, embriólogos y otros biólogos. Lorentz se refiere específicamente a las similitudes existentes entre los seres vivos, por ejemplo, entre una lagartija y un tiburón; entre los ojos de un vertebrado y un cefalópodo, etc. (Treagust y Venville, 1997).

En marcado contraste con estudios previos, Gilbert (1989) concluyó que no había evidencia en su investigación que apoyara que el uso general de analogías era efectivo en promover una retención conceptual o en mejorar la actitud de los estudiantes hacia la materia. En este caso, las analogías aparecieron en el texto de la investigación y a través de preguntas en dos unidades de biología general (desarrollo y herencia) de los grados 9 y 10 del sistema educativo australiano. De acuerdo a Treagust y Venville (1997), el hecho de que Gilbert presentara solamente la analogía por escrito no era suficiente y el maestro

debió jugar un papel más preponderante. Al igual que Gilbert, James (1983) llegó a conclusiones similares. James utilizó un ejercicio práctico para explicar a sus estudiantes el proceso de adaptación de los seres vivos. Los estudiantes comparaban las razones de pérdida de calor de una bolsa plástica esférica con agua caliente y una bolsa plástica plana con agua caliente y luego debían contestar una serie de preguntas acerca de los animales con grandes orejas y las consecuencias de adaptación. Los estudiantes terminaron el estudio en la casa y establecieron ellos solos la relación analógica existente entre las bolsas de agua caliente y las orejas de los animales. Para Treagust y Venville (1997), James debió incrementar la guía directa de ella sobre sus alumnos y sugieren que siguiendo ese procedimiento los estudiantes construyeron concepciones alternativas.

Adicionalmente, Duit (1991) presenta un panorama constructivista sobre las ventajas y restricciones que tiene el uso de las analogías en clases. Asevera que las analogías son herramientas pedagógicas valiosas ya que ayudan a los estudiantes a construir un nuevo conocimiento a partir de estructuras de conocimiento que ya poseen. Igualmente, las analogías son un recurso valioso cuando se trata de ayudar a los estudiantes a visualizar un fenómeno abstracto o que no se puede observar. Una ventaja adicional que Duit menciona es el papel motivacional que juegan las analogías en el aula de clases.

Por otra parte, Glynn (1991) se refiere a las analogías como espadas de doble filo porque pueden ser beneficiosas o perjudiciales sino se emplean adecuadamente.

Así mismo, las analogías han sido utilizadas extensivamente en los textos de ciencias. Frecuentemente, son simples, poco elaboradas y sin explicaciones subsecuentes, por ejemplo: las mitocondrias son la fuente de poder de las células, los ribosomas son fábricas de proteínas, la estructura helicoidal del ADN es como una escalera que se

enrolla sobre un eje, las enzimas interactúan con los substratos como una llave y una cerradura, el cerebro humano es como una computadora, un átomo es como el sistema solar, el ojo humano es como una cámara de fotografiar, la ley de Coulomb es como la ley de la gravitación universal, etc. Algunas de estas analogías serían muy útiles para los estudiantes si se explicaran con más detalles. Sin más detalles, pueden guiar a los estudiantes a formar concepciones erróneas las cuales son muy difíciles de eliminar (Thiele et al., 1995).

#### **2.4 Modelo de Enseñanza con Analogías**

Desde la década pasada, los investigadores han desarrollado diferentes modelos para tratar de utilizar adecuadamente las analogías en la enseñanza de las ciencias, así se tiene: Gentner y Gentner (1983), Zeitoun (1984), Brown y Clement (1987), Dupin y Johsua (1989), Glynn (1991) y Treagust et al. (1994).

Para Venville y Treagust (1997), el modelo más útil en el aula de clases es el creado por Glynn (1991) y el cual es conocido como enseñanza con analogías (ECA) y que fue basado en el constructivismo. Este modelo se desarrolló a partir del examen que se hizo a las analogías que servían de ejemplos en los libros de textos. Esto sirvió para diseñar un modelo consistente de seis pasos el cual se sugirió como recurso valioso para profesores de ciencias y autores de libros científicos.

Los seis pasos del modelo de enseñanza con analogías (ECA) de Glynn son:

1. Introducir el concepto meta que debe aprenderse.
2. Sugerir la situación análoga o concepto análogo.
3. Indicar las características del análogo.



4. Señalar las similitudes entre el análogo y el concepto meta.
5. Conclusiones.
6. Establecer las diferencias entre el análogo y el concepto meta.

Sin embargo, investigaciones posteriores condujeron a pensar que si el paso cinco se daba antes del seis, es decir, se llegaban a las conclusiones antes de señalar las diferencias entre el concepto meta y el análogo, los estudiantes creaban concepciones alternas (Harrison y Treagust, 1993). Este hecho hizo que el orden original del modelo de la ECA cambiara. Se invirtió el orden del paso cinco y seis y este nuevo modelo se conoció como el modificado de enseñanza con analogías. Es decir, que los dos pasos finales serían:

5. Establecer las diferencias entre el análogo y el concepto meta
6. Conclusiones (Véase Fig. 1)



**Fig. 1 Modelo modificado de Glynn**

Previo a la utilización del modelo modificado de Glynn, es imprescindible que el profesor determine si los estudiantes conocen al análogo.

## **CAPITULO 3**

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

### 3.1 Planteamiento del Problema

Este estudio tuvo como problema de investigación el siguiente:

¿Cómo la metodología de la enseñanza con analogías influye en el proceso de aprendizaje de la física de los estudiantes de cuarto año de un determinado colegio en el distrito de Panamá?

### 3.2 Hipótesis

Como una consecuencia directa del planteamiento del problema, se enunciaron las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Investigativa ( $H_i$ ):** La enseñanza con analogías en la clase de física por medio de un procedimiento lógico y sistemático mejora el aprendizaje de la física.
- **Hipótesis Nula ( $H_o$ ):** La enseñanza con analogías en las clase de física por medio de un procedimiento lógico y sistemático no mejora el aprendizaje de la física.

De las hipótesis señaladas se puede deducir que la variable independiente fue: la metodología de enseñanza con analogías y la dependiente: aprendizaje de la física.

Dichas variables se definen operacionalmente como sigue:

- Metodología de la enseñanza con analogías: Enseñanza con analogías por medio del modelo modificado de Glynn.
- Aprendizaje de la física: Incremento de la puntuación que obtenga el estudiante a través de un instrumento de lápiz y papel y que será considerado significativo o no por medio de la prueba t de Student.

### 3.3 Tipo de Estudio

El estudio que se realizó fue explicativo y cuasi experimental con un diseño de pre-prueba y post-prueba como se diagrama abajo:

$G_1$	O	ECA (X)	O
$G_2$	O	-----	O

### 3.4. Muestra

En cuanto a la muestra, se seleccionaron dos grupos de estudiantes de cuarto año de una institución pública de educación media del área urbana de la ciudad de Panamá. Estos estudiantes tomaban por primera vez un curso de física. La media de edad para ambos grupos era de 16 años.

Al azar se escogieron el grupo control y el grupo experimental. El grupo control estuvo formado por 24 estudiantes (12 hombres y 12 mujeres) y el experimental por 25 estudiantes (17 hombres y 8 mujeres). Finalmente, el grupo control terminó con 23 estudiantes (12 mujeres y 11 hombres) y el experimental con 23 estudiantes (6 mujeres y 17 hombres).

### **3.5 Instrumento de Medición**

Para este estudio, el investigador utilizó un instrumento de lápiz y papel confeccionado por él mismo y consistente en 30 preguntas de selección múltiple. Estas fueron agrupadas en conjunto de diez por cada uno de los tres temas que se abordaron durante el proceso de la experimentación. Este instrumento mide el aprendizaje de la física de los temas tratados. Además fue validado de acuerdo a los criterios internacionales de validez de contenido, validez relacionada con el criterio y validez de construcción por profesores del Departamento de Física de la Universidad de Panamá y por la Dra. Lydia de Isaacs, asesora de esta tesis, investigadora y experta en pensamiento crítico.

En cuanto a su confiabilidad, el instrumento se probó con dos grupos de estudiantes de la institución donde se realizó la investigación. Luego, a los resultados se le aplicaron la equivalencia fundamental y los procedimientos de Kuder-Richardson porque son apropiados cuando es necesario medir una sola característica. Finalmente, el instrumento mostró una confiabilidad aproximada del 90%.

El instrumento completo aparece en el apéndice A de esta tesis.

### **3.6 Procedimiento**

Tanto el grupo experimental como de control fueron evaluados por medio de una pre-prueba con el objetivo de establecer la equivalencia inicial de los grupos, por consiguiente, la validez interna de la investigación. Esta equivalencia inicial se demostró

al aplicarles la prueba t de Student a los datos recolectados y dar satisfactoriamente equivalentes.

El grupo experimental fue sometido a la metodología de enseñanza con analogías por medio del modelo modificado de Glynn.

El grupo experimental pasó por tres sesiones de 80 minutos cada una. En esas sesiones se aplicó la ECA sobre los siguientes temas: el funcionamiento físico del ojo humano, los sistemas referenciales y el análisis de gráficas de posición versus tiempo. Véase el apéndice B.

Previamente, el profesor del curso participó en un entrenamiento y discusión de la metodología y del instrumento de lápiz y papel de aproximadamente 12 horas.

Ambos grupos tomaron la pre-prueba y la post-prueba en seis periodos de 40 minutos distribuidos en tres periodos para la pre-prueba y tres periodos para la post-prueba con un intervalo de dos meses.

El investigador observó a ambos grupos mientras se aplicaba la metodología experimental y la tradicional.

Al final, algunos estudiantes del grupo experimental y el profesor fueron entrevistados acerca de la utilidad de la enseñanza con analogías.

## **CAPITULO 4**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la pre-prueba se obtuvieron los siguientes resultados: El grupo control tuvo una media de 9,71 y una desviación típica de 2,88. Mientras que el grupo experimental obtuvo una media aritmética de 9,04 y una desviación típica de 3,43. Para la pre-prueba la  $t$  de la distribución de Student fue de 0,7416 con 47 grados de libertad y para un nivel de confianza de 0,01. De acuerdo a estos resultados, no hay diferencia entre los dos grupos, es decir, que son grupos equivalentes.

Para la post-prueba los resultados fueron: El grupo control tuvo como media 11,43 y una desviación típica de 4,04. Mientras tanto el grupo experimental obtuvo una media aritmética de 16,82 y una desviación típica de 6,84. Para esta post-prueba, la  $t$  fue de 3,2599 con 44 grados de libertad y para un nivel de confianza de 0,01. Por tanto, se aceptó la hipótesis investigativa, es decir, la enseñanza con analogías en la clase de física por medio de un procedimiento lógico y sistemático mejora el aprendizaje de la física.

Es importante recalcar que la pre-prueba y la post-prueba se aplicaron sin ser avisadas a los estudiantes.

En el cuadro I se han resumido todos los datos cuantitativos y el mismo es presentado a continuación:



**CUADRO I. RESULTADOS DE LA PRE-PRUEBA Y POST-PRUEBA**

PRUEBA	GRUPO CONTROL	GRUPO EXPERIMENTAL	gl	$\alpha$	$t$	HIPOTESIS ACEPTADA
Pre-prueba	$\bar{X}_c = 9,71$ $S_c = 2,88$	$\bar{X}_e = 9,04$ $S_e = 3,43$	47	0,01	0,741 6	$H_0$
Post-prueba	$\bar{X}_c = 11,43$ $S_c = 4,04$	$\bar{X}_e = 16,82$ $S_e = 6,84$	44	0,01	3,259 9	$H_i$

En la entrevista que se les hizo a los estudiantes, estos señalaron que el hecho de utilizar analogías facilitó la comprensión y el recuerdo del material estudiado. Por otro lado, el profesor indicó que la ECA es una metodología que le simplifica la explicación de los temas y que piensa que llevó a los estudiantes a comprender el material con más eficiencia ya que utiliza lo conocido por ellos. También constató un aumento considerable en la motivación por la materia y una actitud diferente hacia la misma. Los hechos anteriores contrastan con lo señalado por Gilbert (1989) quien afirmó que la enseñanza con analogías ni promovía la retención conceptual ni una mejor actitud de los estudiantes hacia la materia. Además, las observaciones hechas por el investigador confirmaron que los estudiantes del grupo experimental estaban deseosos de aportar sus conocimientos a la clase y lo hacían de manera alegre y espontánea y lo cual está de acuerdo con las investigaciones de Duit (1991). Por el contrario, los estudiantes del grupo de control que seguían la metodología magistral (tradicional), estaban aburridos y se mostraban reacios a contestar cuando el profesor les preguntaba.

Por otra parte, el profesor del curso opinó que la ECA no se puede utilizar en todos los casos lo cual está de acuerdo a lo investigado por Glynn (1991).

## **CAPITULO 5**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación son altamente significativos como se evidenció al aplicarles la prueba  $t$  de la distribución de Student. Es decir, se demostró que la ECA a través del modelo modificado de Glynn mejora el aprendizaje de la física.

Además, es indispensable que el estudiante conozca bien el análogo que se utilizara por lo cual el profesor debe informarse acerca de los antecedentes cognoscitivos de los estudiantes. En caso contrario, podría incurrir en la creación de concepciones erróneas (Thiele et al., 1995). También, se observó que el interés del estudiante por participar en la clase se acrecentó como producto de una mayor motivación. Esta motivación fue el resultado de sentir el estudiante que de lo conocido y cotidiano estaba aprendiendo física.

Este último hecho, coincide con investigaciones realizadas por Duit (1991).

Las conclusiones obtenidas en este estudio pueden generalizarse a estudiantes similares dentro de la República de Panamá. Se recomienda utilizar la ECA bajo las condiciones y limitaciones aquí señaladas. También, se sugiere realizar otras investigaciones utilizando el mismo modelo en otras áreas científicas para poder ampliar la posibilidad de generalización. Así mismo, se aconseja llevar a cabo otro estudio similar, pero con el objetivo de medir la memoria de lo aprendido en un período más largo de tiempo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ANDERSON, J. y THOMPSON, R. 1989. Use of analogy in a production system architecture. En Vosniadou, S. y Ortony, A. (Eds.). 1989. *Similarity and Analogical Reasoning*. London: Cambridge University Press.
- ARBER, A. 1964. *The Mind and The Eye: A Study of the Biologist's Standpoint*. Cambridge University Press.
- BRONOWSKI, J. 1973. *The Ascent of Man*. London: British Broadcasting Corporation.
- BROWN, D. y CLEMENT, J. 1989. Overcoming misconceptions via analogical reasoning : Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- BROWN, D. 1992. Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1),17-34.
- BROWN, D. 1993. Refocusing core institutions: a concretizing role for analogy in conceptual changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1273-1290.
- BUECHE, F. 1993. *Fundamentos de Física*. México: McGraw-Hill.
- COLLINS, A. y BURSTEIN, M. 1989. A framework for a theory mapping. En Vosniadou, S. y Ortony, A. (Eds.). 1989. *Similarity , Analogy and Thought*. New York: Cambridge University Press.
- DAGHER, Z. 1995a. Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- DAGHER, Z. 1995b. Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79(3), 295-312.
- DUIT, R. 1991. On the role of analysis and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672.
- DUPIN, J. y JOHSUA, S. 1989. Analogies and modeling analogies in teaching: Some examples in basic electricity. *Science Education*, 73,207-224.
- FRIEDEL, A., GABEL, D. y SAMUEL, J. 1990. Using analogs for chemistry problem solving: Does it increase understanding? *School Science & Mathematics*, 90, 674-682.
- GEE. G. 1978. Models as a pedagogical tool: Can we learn from Maxwell? *Physics Education*, 13, 278-291.

- GETNER, D. y GETNER, D. R. 1983. Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. En Getner, D. y Stevens, L. 1983. *Mental Models* (pgs.: 99-129). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- GETNER, D. 1988. Metaphor as structure mapping: The relational shift. *Child Development*, 59, 47-59.
- GETNER, D. 1989. The mechanisms of analogical learning. En Vosniadou, S. y Ortony, A. (Eds.) 1989. *Similarity and Analogical Reasoning* (pgs.:199-241). New York: Cambridge
- GICK, M y McGARRY, S. 1992. Learning from mistake: inducing analogous solution failure to source problem produces later success in analogical transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 623-639.
- GILBERT, S. 1989. An evaluation of the use of analogy, simile and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 315-327.
- GLYNN, S. 1989. The teaching with analogies (TWA) model: Explaining concepts in expository text. En Muth, K. 1989. *Children's Comprehension of Narrative and Expository text: Research into Practice* (pgs.: 99-129). Newark,DE: International Reading Association.
- GLYNN, S. 1991. Explaining science concepts: A teaching with analogies model. En Glynn, S. Yeanny, R. y Britton, B. (Eds.). 1991. *The Psychology of Learning Science* (pgs: 219:240). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- GOVIER, T. 1989. *A Practical Study of Argument*. Belmont, California: Wadsworth.
- HALPERN, D., HANSEN, C. y RIEFO, D. 1990. Analogies as an aid to understanding and memory. *Journal of Educational Psychology*, 82, 298-305.
- HARRISON, A. y TREAGUST, D. 1993. Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1291-1307.
- HOLYOAK, K. Y GICK, M. 1983. Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 5,1-38.
- HOLYOAK, K. 1985. The Pragmatics of Analogical Transfer. En BOWERS, G. (Ed.). 1985. *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 19, pg.59-87). New York: Academic Press.
- HOLYOAK, K. y THAGARD, P. 1989. A computational model of analogical problem solving. En Vosniadou, S. y Ortony, A. (Eds.). 1989. *Similarity and Analogical Reasoning* (pgs.:242-266). New York: Cambridge University Press.

- JAMES, M. 1983. The use of a specific model in the teaching of a specific concept. *The American Biology Teacher*, 50(3), 160-162.
- LAWSON, A. 1993. The importance of analogy: A prelude to the special issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1213-1214.
- LAWSON, A. et al. 1993. The role of hypothetical-deductive reasoning and physical analogous of molecular interactions in conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1073-1086.
- LAWSON, D. y LAWSON, A. 1993. Neural principles of memory and a neural theory of analogical insight. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1327-1348.
- LORENZ, K. 1974. Analogy as source of knowledge. *Science*, 185,229-234.
- MONCADA, G. 1992. *Física I: Conceptos Básicos*. México: Mcgraw-Hill.
- POLYA, G. 1954. *Mathematics and Plausible Reasoning: Vol 1. Induction and Analogy in Mathematics*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- RAMÍREZ, R. y VILLEGAS, M. 1989. *Investiguemos 11*. Bogotá: Editorial Voluntad, S.A.
- STAVY, R. y TROSCH, D. 1993. When analogy is perceived as such. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1229-1239.
- TARSKI, A. 1954. Contributions to the theory of models. *Indagationes Mathematicae*, 16, 572-588.
- THIELE, R., VENVILLE, G. Y TREAGUST, D. 1995. A comparative analysis of analogies in secondary biology and chemistry textbooks used in Australian schools. *Research in Science Education*, 25(2), 221-230.
- TREAGUST, D. y VENVILLE, G. 1997. Analogies in biology education: A contentious issue. *The American Biology Teacher*, 59(5), 282-287.
- VENVILLE, G., BRYER, L. y TREAGUST, D. 1994. Training students in the use of analogies to enhance understanding in science. *The Australian Science Teacher Journal*, 40(2), 60-66.
- VOSNIADOU, S. y ORTONY, A. 1989. *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- WONG, D. 1993a. Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 367-380.

WONG, D. 1993b. Understanding the generative capacity of analogies as tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1259-1272.

ZEITOUN, H. 1984. Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technological Education*, 2, 107-125.



## APÉNDICE

**APENDICE A**

## INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

### INSTRUCCIONES:

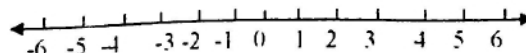
- No escriba en estas páginas.
- Utilice la hoja de respuestas.
- Escoja la respuesta correcta.

### PROBLEMAS

1. El ojo humano es similar a:
  - a. Un microscopio.
  - b. Una lupa.
  - c. Un telescopio.
  - d. Una cámara fotográfica.
  - e. No tengo conocimiento.
  
2. La parte del ojo humano que actúa como un diafragma es:
  - a. El cristalino.
  - b. El iris.
  - c. La retina.
  - d. La córnea.
  - e. No tengo conocimiento.
  
3. El cristalino es una lente:
  - a. Biconvexa.
  - b. Plano-convexa.
  - c. Convexo-cóncava.
  - d. Bicóncava.
  - e. No tengo conocimiento.
  
4. En el ojo humano se forma una imagen:
  - a. Virtual derecha.
  - b. Virtual invertida.
  - c. Real derecha.
  - d. Real invertida.
  - e. No tengo conocimiento.
  
5. La distancia a la que se forma la imagen del cristalino en el ojo humano:
  - a. Depende del tamaño del objeto.
  - b. Depende de la lejanía del objeto.
  - c. Es constante.
  - d. Depende de la forma variable del ojo.
  - e. No tengo conocimiento.

6. En el caso de un cristalino sano los tres rayos que se utilizan para trazar las imágenes geoméricamente deben cortarse:
- Delante de la retina.
  - Detrás de la retina.
  - En la retina.
  - No se ha determinado.
  - No tengo conocimiento.
7. Una persona con hipermetropía forma las imágenes:
- Delante de la retina.
  - Detrás de la retina.
  - En la retina.
  - No se ha determinado.
  - No tengo conocimiento.
8. Para corregir la miopía se utiliza una lente que ayude a formar la imagen:
- Delante de la retina.
  - Detrás de la retina.
  - En la retina.
  - No se ha determinado.
  - No tengo conocimiento.
9. Una mujer es capaz de leer claramente lo impreso en un libro cuando éste se encuentra a 60 cm de ella, pero no cuando está más cerca. Esta mujer para corregir su defecto visual necesita lentes:
- Planas.
  - Oscuras.
  - Divergentes.
  - Convergentes.
  - No tengo conocimiento.
10. Una profesora observa que un niño en su clase acerca las páginas a sus ojos cuando lee. La posición usual de este niño es de 10 cm. Este niño para corregir sus defectos necesita lentes:
- Planas.
  - Oscuras.
  - Divergentes.
  - Convergentes.
  - No tengo conocimiento.

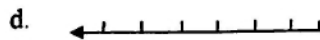
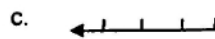
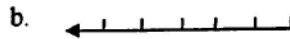
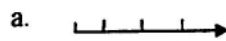
Considere la recta en dirección de  $x$  con las posiciones que se indican en el diagrama y responda las preguntas 11, 12 y 13.



11. Una partícula se mueve desde la posición  $x = +1$  m hasta la posición  $x = 5$  m. La partícula se movió:

- 5 m hacia la derecha.
- 4 m hacia la derecha.
- 6 m hacia la izquierda.
- 4 m hacia la izquierda.
- No tengo conocimiento.

12. Una partícula se mueve desde  $x = -2$  m hasta  $x = -6$  m. El vector que mejor representa el cambio de posición de la partícula es:



- e. No tengo conocimiento.

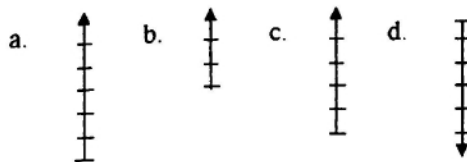
13. Si la partícula se encuentra en el punto  $x = -3$  m y se desplaza 7 m hacia la derecha, su posición al final de su desplazamiento es el punto:

- $x = 7$  m
- $x = -10$  m
- $x = -4$  m
- $x = 4$  m
- No tengo conocimiento.

14. Una partícula se mueve desde  $y = -2$  m hasta la posición  $y = -6$  m en una recta vertical. La partícula se movió:

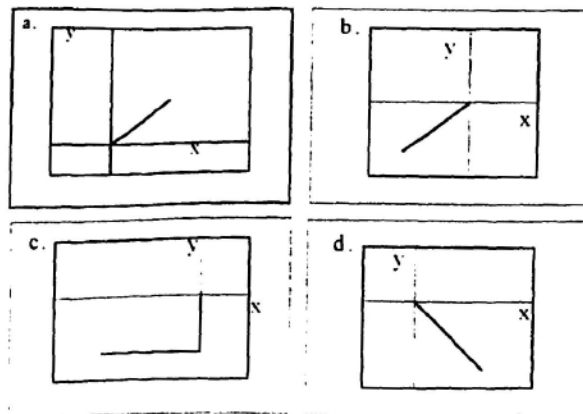
- 6 m hacia abajo.
- 8 m hacia abajo.
- 4 m hacia arriba.
- 4 m hacia abajo.
- No tengo conocimiento.

15. Una partícula se mueve desde  $y = -1$  m hasta la posición  $y = 5$  m. El vector que mejor representa el cambio de posición de la partícula es:



- e. No tengo conocimiento.

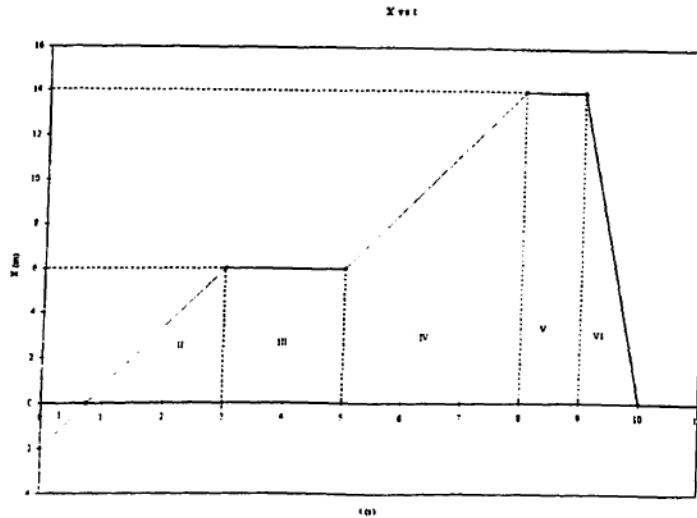
16. Si la partícula se encuentra en el punto  $y = 3 \text{ m}$  y se desplaza  $7 \text{ m}$  hacia abajo, su posición al final de su desplazamiento es el punto:
- $y = -7 \text{ m}$
  - $y = -10 \text{ m}$
  - $y = -4 \text{ m}$
  - $y = 4 \text{ m}$
  - No tengo conocimiento.
17. Un hombre camina en su ciudad  $3$  cuadras hacia el norte,  $4$  cuadras hacia el este,  $5$  cuadras hacia el sur,  $7$  cuadras hacia el oeste y  $2$  cuadras hacia el norte. Al final de su recorrido el hombre se encuentra:
- En el punto de partida.
  - A  $3$  cuadras al oeste del punto de partida.
  - A  $21$  cuadras al sur del punto de partida.
  - A  $4$  cuadras al este del punto de partida.
  - No tengo conocimiento.
18. Un hombre camina en su ciudad  $3$  cuadras hacia el norte,  $4$  cuadras hacia el este,  $5$  cuadras hacia el sur,  $7$  cuadras hacia el oeste,  $2$  cuadras hacia el norte y  $3$  cuadras hacia el este. Al final de su recorrido, el hombre se encuentra:
- En el punto de partida.
  - A  $24$  cuadras hacia el norte del punto de partida.
  - A  $3$  cuadras al este del punto de partida.
  - A  $4$  cuadras al oeste del punto de partida.
  - No tengo conocimiento.
19. Una hormiga camina sobre el piso  $2$  mosaicos en la dirección positiva de las "x",  $3$  mosaicos en la dirección negativa de las "y" y finalmente  $4$  mosaicos en la dirección negativa de las x. Al final de su recorrido, es esquema que mejor representa a su vector desplazamiento es:



c. No tengo conocimiento.

20. El par ordenado de coordenadas rectangulares que representa la posición final de la hormiga es:

- (9,0).
- (6,-3).
- (-2,-3).
- (-4,-3).
- No tengo conocimiento.



Dada la gráfica anterior de posición versus tiempo de un carro de juguete que se desplaza en línea recta, escoja la respuesta correcta.

21. La posición inicial del carro era:

- $x = 0$  m
- $x = -2$  m
- $x = 1$  m
- $x = 2$  m
- No tengo conocimiento.

22. El carro pasa por el origen del sistema al cabo de:

- 2 segundos.
- 2 segundos.
- 10 segundos.
- 0,7 segundos.
- No tengo conocimiento.

23. Cuando el carro se encuentra en su posición inicial han transcurrido:

- 2 segundos.
- 0 segundos.
- 10 segundos.
- 0,7 segundos.
- No tengo conocimiento.

24. El carro se mueve en:
- Los intervalos I, II, IV y VI.
  - Los intervalos III y V.
  - Todos los intervalos.
  - El VI intervalo solamente.
  - No tengo conocimiento.
25. El carro está en reposo en:
- Los intervalos I, II, IV y VI.
  - Los intervalos III y V.
  - Todos los intervalos.
  - El VI intervalo solamente.
  - No tengo conocimiento.
26. El carro recorre una mayor distancia en:
- El III intervalo.
  - El II intervalo.
  - El V intervalo.
  - El VI intervalo.
  - No tengo conocimiento.
27. El carro permanece en el III intervalo:
- 5 segundos.
  - 3 segundos.
  - 2 segundos.
  - 8 segundos.
  - No tengo conocimiento.
28. El tiempo total en el cual el carro no se movió fue:
- 3 segundos.
  - 7 segundos.
  - 2 segundos.
  - 8 segundos.
  - No tengo conocimiento.
29. El tiempo total en el cual el carro se movió fue:
- 3 segundos.
  - 7 segundos.
  - 1 segundo.
  - 25 segundos.
  - No tengo conocimiento.



30. Luego de transcurridos 4 segundos, el carro había recorrido una distancia de:
- a. 8 m
  - b. 6 m
  - c. 0 m
  - d. 12 m
  - e. No tengo conocimiento.

**APÉNDICE B**

## **APLICACIÓN DEL MODELO MODIFICADO DE GLYNN AL TEMA: EL FUNCIONAMIENTO FÍSICO DEL OJO HUMANO**

El profesor de física de cuarto año de secundaria utilizó todos los pasos del modelo modificado de Glynn como se señala adelante y bajo la supervisión del investigador.

1. Introducir el concepto meta que debe aprenderse.

El profesor comenzó por especificar que ese día se estudiaría el órgano humano de la visión: el ojo, tomando en cuenta solamente su funcionamiento físico.

2. Sugerir el concepto análogo.

A través de una lámina del ojo que llevó a la clase, el profesor cuestionó a los estudiantes sobre si el ojo les recordaba a algún aparato existente. Veloz y espontáneamente, los estudiantes gritaron al unísono: “una cámara de fotografiar”.

Previamente, el profesor del curso y el investigador habían constatado a través de los programas anteriores y otros colegas que estos conocían el funcionamiento de la cámara de fotografiar.

3. Indicar las características del análogo.

El profesor pidió a los estudiantes que listaran las características de la cámara de fotografiar. Ellos las resumieron así:

1. Tiene una lente convergente.
2. Hay una película en la parte posterior de la cámara.
3. Posee un diafragma que controla la cantidad de luz.
4. Tiene un mecanismo que permite variar la distancia de la lente a la placa.
5. Mientras más cerca está un objeto, más grande sale en la fotografía y mientras más lejos está, más pequeño parece ser.
6. Si no se enfoca bien, la fotografía sale borrosa.

4. Señalar similitudes entre el análogo y el concepto meta.

Los estudiantes mencionaron las siguiente similitudes:

### **Cámara Fotográfica**

1. Tiene una lente convergente cóncava.
2. La imagen se forma en una película.
3. El diafragma controla la cantidad de luz.
4. Mientras más cerca está la cámara del objeto, más grande sale en la fotografía y viceversa. Si no se enfoca bien, la fotografía sale borrosa.
5. La cámara corrige de alguna forma la imagen invertida.

### **Ojo Humano**

1. Tiene una lente convergente cóncava.
2. La imagen se forma en la retina.
3. El iris controla la cantidad de luz.
4. Mientras más cerca está el objeto del ojo (hasta cierto límite), más grande se ve y viceversa.
5. Hay ciertas personas que no enfocan bien y, por consiguiente, no ven bien.
6. El ojo corrige de alguna forma la imagen invertida.

En la característica número cinco, el profesor cuestionó a los estudiantes si eran los casos cuando la imagen se formaba antes de la retina (miopía) y después (hipermetropía). Ellos, aseveraron que para tener una buena visión la imagen tenía que formarse en la retina, por tanto, en ambos casos se debería tener mala imagen.

5. Establecer las diferencias entre el análogo y el concepto meta.

### **Cámara**

1. La distancia a la que se forma la imagen puede ser variable.
2. La cámara de fotografiar no enfoca automáticamente.

### **Ojo Humano**

1. La distancia a la que se forma la imagen es fija.
2. El ojo humano enfoca automáticamente.

## 6. Conclusiones

Algunos estudiantes explicaron el funcionamiento físico del ojo humano y mencionaron sus defectos más sencillos.

De manera similar, el profesor aplicó la metodología para los otros temas. Para introducir los sistemas referenciales, se usó el sistema de calles y a su vez los sistemas referenciales para analizar las gráficas de posición versus tiempo.