

# EL APRENDIZAJE DE FENÓMENOS ÓPTICOS

## THE LEARNING OF OPTICAL PHENOMENA

*Bettina Bravo*<sup>1,2</sup> – *Marta A. Pesa*<sup>3</sup>

(1) Consejo Nac. Investigaciones científicas y Técnicas - CONICET

(2) Fac. Ingeniería - Univ. Nac. Centro Prov. Bs. Aires - Argentina

(3) Dpto. Física - FCEyT, Univ. Nac. de Tucumán – Argentina

[bbravo@fio.unicen.edu.ar](mailto:bbravo@fio.unicen.edu.ar) – [mpesa@herrera.unt.edu.ar](mailto:mpesa@herrera.unt.edu.ar)

### Resumen

En este trabajo se estudia qué y cómo aprenden los alumnos de educación secundaria acerca de los modelos que la ciencia propone para explicar la formación y visión de las imágenes, cuando se implementa en el aula una propuesta de enseñanza diseñada en esta investigación. Se discute el impacto de la enseñanza y se alerta sobre los núcleos conceptuales cuyo aprendizaje presenta mayor complejidad para los alumnos.

**Palabras Clave:** Aprendizaje de la Óptica, propuesta de enseñanza, imagen óptica, visión.

### Abstract

In this paper we investigate what and how students learn about high school science models to explain the image formation and vision, when a special proposal is implemented. We discuss the teaching impact and we warn about the conceptual cores which are more complex for the students.

**Key words:** learning optics, teaching proposal, optical image, vision

### Introducción

Aprender el saber propuesto por las ciencias en relación a fenómenos ópticos, como la visión de los objetos y la formación y visión de las imágenes, presenta una alta complejidad, tal como lo han dejado en evidencia distintos autores que hallaron que pese a la enseñanza formal, alumno de distintas edades y formación académica tienden a usar ideas intuitivas para explicar dichos fenómenos (Bravo, Pesa y Pozo, 2010; Galili; Hazan, 2000; Gil Llinás Badajoz, 2003).

Esta dificultad vendría dada por las diferencias sustanciales que existe entre la forma en que cotidianamente se interpretan y explican los fenómenos y las concepciones científicas. Así, desde el conocimiento científico se concibe que para ver directamente un objeto, la luz reflejada por él debe incidir en el sistema visual y, a partir de procesos físicos, químicos y biológicos, estimular selectivamente las células fotosensibles, lo que desencadena complejas reacciones químicas que conducen a la emisión de estímulos nerviosos. Los pulsos eléctricos llegan al cerebro donde mediante un procesamiento neurocognitivo de esa información se genera la representación de lo que vemos (Gregory, 1990). En relación a la formación de las

imágenes desde la ciencia se explica que la luz proveniente de cada punto del objeto se desvía por reflexión o refracción de tal forma que converge hacia o parece divergir desde un punto llamado punto imagen (Serar Zemanski et al 2005). Así, si la luz que estimula el sistema visual proviene directamente del objeto, se vería dicho objeto pero si ingresa al sistema visual luego de ser direccionada por reflexión o refracción podemos percibir su imagen.

Desde el conocimiento cotidiano, en tanto, se explica simplemente que vemos porque con los ojos miramos hacia el objeto a ver y que las lentes, por sus características, pueden crear o proyectar la imagen del objeto cambiando su tamaño y/u orientación. Subyace a estas ideas una concepción holística de cómo se propaga la imagen (Pesa, 1997) y un modelo implícito de “imágenes viajeras” (Salinas; Sandoval, 2000) a partir del cual las imágenes son concebidas como figuras completas emitidas por los objetos luminosos (con iguales características que el objeto) que tienen las propiedades de un objeto que se propaga y se pega a la pantalla cuando la encuentra (García; Martínez Torregrosa, 2005). También estas ideas revelan una falta de comprensión del rol de la lente en la formación de la imagen, una concepción pasiva del ojo del observador, una concepción activa de la pantalla de observación en tanto su posición fija la ubicación de la imagen (Pesa, Cudmani y Bravo, 1993).

Las diferencias entre estos modos de explicar los fenómenos (intuitiva y científica) exceden lo conceptual ya que tienen raíces más profundas relacionadas con la forma en que se “interpreta, concibe y explica el mundo y los fenómenos que suceden en él” (Pozo, 2001)

La perspectiva teórica que adoptamos aquí implica concebir al conocimiento científico y al conocimiento intuitivo como dos modos de conocer, dos maneras sustancialmente distintas de “ver” e interpretar el mundo, que presentan características implícitas diferentes. Estas diferencias estarían relacionadas no sólo con el modelo explicativo, la idea, la concepción usada, sino también con los principios conceptuales, ontológicos y epistemológicos que caracterizan a cada manera de conocer (Chi, 2002; Pozo; Gómez Crespo, 1998; Sandoval; Salinas, 1996; Vosiniadou, 1994). Serían estos principios los que guían de forma implícita la manera en que se interpretan y conciben en cada contexto los distintos fenómenos, como así también los modos de razonar que se activan al momento de elaborar una explicación.

Desde esta perspectiva aprender el saber de las ciencias en relación a los fenómenos ópticos implicaría:

- Superar paulatinamente el realismo ingenuo (principio epistemológico subyacente al saber intuitivo), para llegar a relacionar las ideas intuitivas con las científicas, reconociéndolas como distintas maneras de interpretar el mundo que nos rodea, en base a las cuales se pueden elaborar explicaciones con distintos niveles de complejidad y validez contextual. El paso de este modo de interpretar el mundo hacia otro más perspectivista implica un cambio complejo, ya que requiere una revisión gradual de los supuestos epistemológicos subyacentes al saber intuitivo y una reinterpretación de la experiencia previa.

- Superar las restricciones ontológicas impuestas por las ideas intuitivas y apropiarse de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico. El principal problema de los procesos de aprendizaje que requieren cambio de categorías ontológicas (como es el caso de los fenómenos ópticos), se debe a la dificultad de re-interpretar los fenómenos en función de relaciones complejas que forman parte de un sistema, ya que va en “contra” de la tendencia intuitiva a interpretarlos en términos de estados de la materia desconectados entre sí.

- Superar las restricciones conceptuales impuestas por las ideas construidas intuitivamente y apropiarse paulatinamente de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico, lo que supone superar el principio de “hecho o dato” (a partir del cual los

fenómenos se describen en función de propiedades y cambios observables), para tender a interpretar los fenómenos como un sistema de relaciones de interacción.

La complejidad del aprendizaje se debería entonces al hecho de que aprender el saber que las ciencias propone para explicar fenómenos de percepción visual no implicaría la sustitución de ideas o formas de pensar sino un cambio sustancial en los principios más implícitos que guían el entendimiento, la interpretación y la comprensión del mundo. Con la enseñanza se debería intencionalmente favorecer este cambio de modo de conocer.

## **Una propuesta de enseñanza**

A fin de favorecer un aprendizaje gradual y paulatino que atienda a los principios antes especificados hemos diseñado una propuesta didáctica (que ha sido descrita exhaustivamente en Bravo, Pesa y Rocha, 2010) que fue implementada con alumnos de Educación Secundaria. Dicha propuesta se planificó a través de un eje transversal relacionado con el entorno tecnológico: el diseño y fabricación de un retroproyector de bajo costo comparativo. Se pretendió de esta forma no sólo motivar a los estudiantes a aprender el saber científico, sino también a desarrollar habilidades inherentes al saber hacer de las ciencias en estrecho vínculo con el saber tecnológico. Con la propuesta diseñada se intentó favorecer la construcción de una ciencia escolar coherente con las ideas científicas. En relación al fenómeno de formación y visión de una imagen real formada por lentes delgadas (tema que nos ocupa aquí) se abordó un modelo explicativo que implica concebir que: *cuando la luz interacciona con los distintos objetos puede absorberse, refractarse y/o reflejarse. Durante la refracción la luz cambia de dirección (y de velocidad de propagación) al cambiar el medio en que se propaga. Dadas las características de las lentes delgadas la refracción de la luz que ocurre en ellas trae aparejada la formación de imágenes. Para poder ver dicha imagen real se suele utilizar una pantalla ubicada en el plano donde ésta se forma. La pantalla, refleja difusamente la luz que incide en ella. Cuando dicha luz divergente ingresa al sistema visual del observador, se refracta en el sistema córnea – cristalino y converge en la retina, donde se forma una imagen real. Al incidir la luz en las células fotosensibles presentes en la retina se producen complejos procesos químicos y biológicos que darán como resultado el estímulo nervioso que debe llegar al cerebro, donde se producirán otros procesos psico-cognitivos que finalmente conducen a la visión.*

## **La secuencia de enseñanza**

Con el fin de favorecer el aprendizaje científico, y atendiendo a los resultados trabajos de investigación previos (Bravo, Eguren y Rocha 2010; Bravo, Pesa y Pozo 2009) donde estudiamos qué tipo de estrategias favorecen más eficazmente dicho aprendizaje, incluimos en la propuesta diseñada instancias que le permitieran al alumno: reconocer qué sabe y cómo lo sabe; reconocer el saber científico como potencialmente útil para elaborar explicaciones en múltiples contextos con consistencia y coherencia argumentativa; aplicar su saber ante distintas situaciones problemáticas a fin de que desarrolle la habilidad de gestionar sus ideas; aprender a elaborar explicaciones y argumentaciones de forma coherente con la ciencia y haciendo uso de los modelos por ella propuestos; reflexionar sobre cómo cambiaron sus ideas y modos de conocer; que analicen explícitamente qué y cómo aprendieron.

## **Las actividades**

Las actividades diseñadas involucraron a los alumnos en la resolución de diversas situaciones problemáticas. La dinámica propuesta para su resolución implicó una primera instancia de trabajo individual donde los estudiantes haciendo uso de sus ideas debieron resolver las tareas

planteadas. El objetivo principal de esta instancia fue que los estudiantes expliciten y se hagan concientes de sus propias concepciones. En una segunda instancia se les solicita que compartan sus ideas con sus pares, trabajando en pequeños grupos. La intención de esta segunda fase es propiciar la socialización del conocimiento entre los estudiantes, brindando la oportunidad de compartir ideas, de respetar opiniones, de aprender a negociar, de admitir las propias dificultades y de “defender” sus ideas argumentando y justificando su parecer. Una vez culminada esta instancia se propone una fase de socialización entre grupos, donde el docente fue el encargado de guiar la discusión, ayudando a los estudiantes a explicitar sus ideas y clarificarlas dejando en evidencia sus características más relevantes; a comprender, analizar, aplicar y evaluar el conocimiento científico; a aprender a aplicarlo en múltiples situaciones problemáticas y/o a reflexionar críticamente sobre qué y cómo aprendieron.

## **El docente**

El encargado de implementar la propuesta fue un docente con formación universitaria en Física y Química, que se mostró en todo momento dispuesto de participar en este trabajo. Dado el carácter innovador de la propuesta diseñada se concretaron encuentros de trabajo antes y durante su implementación, durante los cuales se analizaron críticamente cada una de las actividades involucradas en la propuesta, los contenidos conceptuales a abordarse, la etapa didáctica a la que pertenecen, los objetivos que persiguen y la metodología de trabajo. A su vez, se discutió la idea de la ciencia escolar que se pretendía desarrollar en cada momento. A los fines de la investigación se registró su accionar en todas las clases y actualmente se están procesando los resultados para poder describir con criterio cómo la transfirió al aula para favorecer su implementación y el aprendizaje de las conceptualizaciones científicas.

## **El trabajo de investigación**

### **Objetivos de la investigación**

- Caracterizar el conocimiento de los alumnos acerca del proceso de formación y percepción de una imagen real antes y después de implementada la propuesta didáctica. Dicha caracterización implica estudiar el modelo explicativo compartido, lo que requiere analizar el reconocimiento de las variables (luz – objetos: iluminados o luminosos – dispositivo óptico: lente – sistema visual) e interacciones (reflexión difusa, refracción, visión) a las que los estudiantes atienden al momento de elaborar una explicación.
- Evaluar y describir el aprendizaje experimentado por los alumnos como producto de la intervención didáctica y tomando como indicativo de tal proceso los cambios que pudieran manifestarse respecto al modelo explicativo que utilizan antes y después de la instrucción. En tal sentido se evalúa si dicho modelo adquiere un carácter más sistémico y próximo al conocimiento científico, lo que implica el reconocimiento de las distintas variables como así también de las interacciones que entre ellos se establecen y que conducen a la visión.

## **Metodología**

### **Diseño del estudio**

El presente es un estudio de caso donde se implementa un diseño cuasi-experimental (sin grupo de control) de tipo pretest – intervención- postest. Se opta por una metodología cualitativa dado que se intenta detectar las características relevantes de las ideas de los alumnos con los que se trabaja a fin de poder plantear hipótesis fundamentadas acerca de qué

y cómo aprenden ante la propuesta de enseñanza diseñada y qué estrategias favorecen más eficazmente dicho aprendizaje.

## Participantes

Se trabaja con un curso completo de 4° año (15 y 16 años) de una Escuela Secundaria de Educación Técnica de la ciudad de Olavarría (Bs. As. Argentina), nivel para el cual se ha prescrito oficialmente el abordaje de contenidos inherentes a la Óptica Geométrica. El docente responsable del curso fue un profesor de Física y Química (graduado universitario). Como se dijo, se concretaron instancias de trabajo conjunto antes y durante la enseñanza intentando acercar al profesor a los avances más recientes de la investigación educativa en ciencias y a características propias de la propuesta didáctica.

## Tareas y procedimientos

Se diseñaron cuestionarios de problemas. En los mismos se incluyeron situaciones problemáticas para conocer las ideas de los alumnos acerca de cómo y por qué se forma y ve una imagen real. Si bien los cuestionarios utilizados en las instancias pretest y posttest no fueron los mismos sí se cuidó que contuvieran problemáticas similares (en cuanto a la complejidad de su resolución, extensión y tipo de fenómeno involucrado). En el anexo se presentan a modo de ejemplo, algunas de las problemáticas utilizadas.

## Criterios de análisis

Para poder evaluar las ideas que los estudiantes tienden a utilizar al momento de elaborar una explicación, se llevó a cabo un análisis minucioso de las respuestas que cada uno dio a las actividades propuestas. El mismo implicó detectar qué variables e interacciones involucraron explícitamente en cada una de las explicaciones elaboradas. Para ello se toma como referencial la idea de la ciencia escolar que implica considerar el modelo explicativo y las variables e interacciones que se describen en la tabla 1.

<b>Modelo explicativo:</b> Cuando la luz emitida por un objeto incide en una lente se refracta (cambiando de dirección). Dicha refracción produce la convergencia o divergencia de la luz y con ello la formación de una imagen (real o virtual). Para poder ver la imagen real que forma una lente frecuentemente se utiliza una pantalla ubicada en el plano donde se forma dicha imagen. La pantalla, refleja difusamente la luz que incide en ella. Cuando dicha luz divergente ingresa al sistema visual del observador, su sistema óptico permite la formación de la imagen en la retina, primer paso para la visión de la imagen. Si se ubica conveniente el ojo del observador, es posible ver la imagen, sin pantalla.
---

<b>Variables:</b> Luz, objeto, lente, pantalla (no indispensable) sistema visual
--

<b>Interacciones entre variables:</b> Luz – objeto: reflexión difusa; luz emitida por el objeto – lente: refracción (reconocimiento de la lente como superficie refractante que altera las condiciones de isotropía y modifica la dirección de propagación de la luz); luz refractada por la lente – pantalla: reflexión difusa; luz reflejada por la pantalla o refractada por la lente – sistema visual: visión de la imagen –
--

Tabla 1: Variables e interacciones involucradas en el saber de la ciencia a enseñar.

Una vez analizadas las respuestas dadas por los alumnos se las agrupó en categorías que fueron caracterizadas, según el modelo explicativo involucrado (y con ello variables e interacciones reconocidas) y los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y modos de razonar subyacentes. Con el fin de analizar en qué medida y de qué manera cambió el modo de conocer de los estudiantes se evaluó si el mismo evoluciona hacia uno más

sistémico y próximo al conocimiento científico como consecuencia de la enseñanza (lo que implica el reconocimiento de las distintas variables e interacciones que entre ellas se establecen).

## **Resultados y análisis crítico de los mismos**

### **Los modos de conocer de los alumnos en la instancia pretest.**

En relación al fenómeno de **formación de una imagen real**, hallamos tres grupos de explicaciones:

**Grupo 1** (representado por el 20% de las respuestas): Se reconocen a la lente y la pantalla como elementos indispensables para que se genere y visualice una imagen real. La lente tiene la función de crear la imagen del objeto que se coloque cerca de ella y la pantalla de proyectar y visualizar dicha imagen. Desde esta concepción se reconocen parcialmente los elementos implicados en la formación y visión de una imagen real (se reconocen a la lente y la pantalla) y no se reconocen interacciones entre ellos (ya que se concibe que la lente crea una imagen y la pantalla la proyecta). En el marco de nuestra investigación estas ideas pueden caracterizarse por los siguientes principios y modos de razonar: Principio ontológico de Estado (en tanto se interpreta el fenómeno en estados de la materia desconectados entre sí considerando por ejemplo que la lente crea la imagen y/o la pantalla la proyecta) – Hecho o dato (ya que se explica el fenómeno en función de hechos observables que conlleva a asumir que si se coloca una lente frente al objeto luminoso “aparece” una imagen) - Realismo ingenuo (en tanto se concibe que las cosas son o suceden tal como lo registran nuestros sentidos) - Razonamiento reduccionista (en tanto se atiende más a las propiedades que a las funciones de los elementos involucrados en el fenómeno, considerándose que la lente por sus características crea la imagen), monoconceptual (se supone que el fenómeno dependen de una sola variable, la lente) y no sistémico (no se consideran procesos, interacciones ni efectos mutuos entre elementos involucrados)

**Grupo 2** (representado por el 40% de las respuestas): Se reconocen a los objetos, la lente y la pantalla como elementos indispensables para que se genere y visualice una imagen real. La lente tiene la función de proyectar y/o cambiar el tamaño y la orientación de la imagen emitida por el objeto y la pantalla posibilita la visualización de dicha imagen. A la imagen se la concebiría desde esta postura como un “ente” que se propaga por el espacio como un todo, con las características propias del objeto o modificadas por la lente (como el tamaño o la orientación). La principal diferencia con las ideas agrupadas en la categoría anterior es que al objeto se le otorgaría la función de emitir una imagen y a la lente de invertirla (en la anterior la función del objeto no se explicita). No obstante esta diferencia, siguen sin reconocerse las variables que el conocimiento científico y desde el marco de la óptica geométrica propone y las interacciones que determinan las imágenes y sus características. A su vez, la función que se otorga a los elementos reconocidos sigue derivando de concepciones intuitivas y de sentido común. Por ello a esta categoría se la puede caracterizar de la misma manera que la anterior: Principio subyacente: Estado – Hecho o dato - Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista, monoconceptual, no sistémico.

**Grupo 3** (representado por el 10% de las respuestas): Se reconocen a los objetos, la lente y la pantalla como elementos indispensables para que se genere y visualice una imagen real. La lente tiene la función de proyectar o cambiar la trayectoria de la luz emitida por el objeto y la pantalla posibilita la visualización de la imagen que se forma. La principal diferencia con las ideas agrupadas en el grupo anterior es que se reconoce que la imagen sería una consecuencia de la interacción de la luz emitida por el objeto y la lente, (aunque no se la pueda explicar en

términos de la ciencia). Una vez “creada” se propaga como un todo en el espacio, cambiando de tamaño y/o nitidez conforme la pantalla (donde se proyecta la imagen) se aleja de la lente. Se atienden aquí a las tres variables que la ciencia propone para explicar el fenómeno de formación de una imagen real y se reconoce al menos una interacción: luz – lente (aunque se la explica en términos intuitivos: la lente “altera” la luz). Estas ideas, serían producto de una escolarización ya que (a diferencia de las ideas agrupadas anteriormente que consideraban que la sola presencia de la lente conlleva la formación de una imagen) consideran que la imagen se forma como consecuencia de la interacción luz – lente. Pero dado que esa interacción se explica en términos intuitivos el modelo explicativo sería uno híbrido. Se las puede caracterizar entonces por los siguientes principios y modos de razonar: Causalidad lineal múltiple (en tanto se relacionan causal y linealmente las variables reconocidas concibiéndose que el objeto emite luz – la lente la transforma – la pantalla “la visualiza”) – Proceso (en tanto se reconocen proceso de interacción entre la lente y la luz pero se lo explica en términos intuitivos: la lente *transforma* la luz) - Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista, pluriconceptual (se reconocen las distintas variables involucradas), no sistémico.

Por lo dicho el 60% de las respuestas dadas por los estudiantes se podrían agrupar en una categoría llamada Categoría I: Ideas netamente intuitivas. En tanto un 10% de las respuestas puede agruparse en una Categoría II que involucra modelos híbridos incompletos e incorrectos en términos de la ciencia.

En relación al fenómeno de **visión de una imagen real**, hallamos un solo grupo de explicaciones (representado por el 70% de las respuestas):

**Grupo 1:** Se reconocen a la pantalla y los ojos como elementos indispensables para que se vea la imagen real. Se concibe que para verla basta con que el observador mire con sus ojos hacia la pantalla. Desde esta concepción se reconocen a los ojos como único elemento implicado en la visión de una imagen real (la pantalla permite la visualización). Principio subyacente: Estado (el observador mira y ve) – Hecho o dato (en las pantallas, por ejemplo de cine, se ven proyectadas las imágenes y para verlas debemos mirar) Realismo ingenuo (las cosas son o suceden tal como lo registran nuestros sentidos). Razonamiento reduccionista, monoconceptual, no sistémico (se considera que solo los ojos son necesario ver la imagen y es suficiente mirar para ver).

Por lo dicho el 70% de las respuestas dadas por los estudiantes se podrían agrupar en lo que en la tabla 2 llamamos Categoría I: Ideas intuitivas

### **Los modos de conocer de los alumnos en la instancia pretest.**

Al analizar las explicaciones que los estudiantes dieron en relación al fenómeno de formación de una imagen real hallamos que:

**Grupo 1** (50 % de las repuestas): Se reconoce a los elementos implicados en la formación de la imagen real y las interacciones que se establecen entre ellos, concibiéndose que la interacción luz – lente implica la convergencia de la luz en un punto (imagen). A esta idea, coherente con la de la ciencia escolar, la podemos caracterizar en términos de los principio: interacción (en tanto se interpreta al fenómeno como un sistema de relaciones de interacción, en este caso: luz – objeto y luz emitida por el objeto– lente) – sistema (en tanto el fenómeno se interpreta en función de relaciones complejas que forman parte de un sistema) – Proceso de Superación del Realismo ingenuo (en tanto se usan los modelos de la ciencia para explicar el fenómeno). Razonamiento plurivariado, no reduccionista, sistémico.

**Grupo 2** (20 % de las repuestas): Se reconoce a los elementos implicados en la formación de la imagen real y las interacciones que se establecen entre ellos. Pero estas interacciones se

explican en términos intuitivas. Este sería un modelo híbrido donde se conjugan las ideas de la ciencia escolar (la lente refracta la luz lo que conduce a la formación de una imagen real) con la idea intuitiva de que el objeto emitiría una imagen que la lente, por sus características, invierte. A esta idea la podemos caracterizar en términos los principio: causalidades lineales múltiples (luz – objeto; luz emitida por el objeto lente) – proceso (la lente invierte la imagen) – Superación del Realismo ingenuo. Razonamiento plurivariado, reduccionista, no sistémico.

Por lo dicho el 50% de las respuestas dadas por los estudiantes se podrían agrupar en lo que en una categoría llamada *Categoría III: Ideas coherentes con las de la ciencia escolar* y el 20% en la ya definida categoría *II* que contempla ideas escolarizadas incompletas e incorrectas.

En relación al fenómeno de visión de una imagen real podemos definir tres grupos de respuestas.

**Grupo 1** (40 % de las repuestas): Se concibe que para ver la imagen real es indispensable la presencia de una pantalla donde ésta se proyecte. No se hace mención explícita a la importancia del sistema visual en este proceso ni a las interacciones que deben ocurrir entre él y la luz reflejada de la pantalla (a fin de que se vea la imagen proyectada allí). Desde esta concepción una vez que la imagen se forma la pantalla el observador sólo tiene que mirar para ver. Principios Hecho o dato – estado - realismo ingenuo. Razonamientos: monoconceptual, reduccionista, no sistémico.

**Grupo 2** (10 % de las repuestas): Se concibe que para ver la imagen real es indispensable la presencia de una pantalla donde ésta se proyecte. Esa proyección hace posible que el ojo capte la luz que le permite ver la imagen. Si bien se hace referencia explícita a la importancia del ojo del observador no se especifican que es la luz que converge en la pantalla (luego de ser transmitida por la lente) la que debe incidir y estimular el sistema visual. Esta concepción idea, que no deja de ser de naturaleza intuitiva, estaría caracterizada por principios de causalidad lineal (ve porque la pantalla proyecta la imagen; ve porque el ojo capta la luz) y estado (la pantalla proyecta la imagen; el observador mira y capta luz). Razonamientos: monoconceptual, reduccionista, no sistémico.

**Grupo 3** (10 % de las repuestas): Se concibe que para ver la imagen real es indispensable la presencia de una pantalla donde la luz que converge en ella se refleje hacia los ojos del observador. Si bien se hace referencia explícita a la importancia del ojo del observador no se especifican procesos que ocurren en él. Esta concepción entonces estaría caracterizada por principios de causalidad lineal múltiple y procesos y razonamientos no sistémico pero plurivariado.

Por lo dicho un 50% de las respuestas dadas por los estudiantes se podrían agrupar en la llamada *Categoría I: Ideas intuitivas* y un 10% en la *Categoría III: Ideas coherentes con las de la ciencia*.

A fin de evaluar el cambio de modo de conocer comparamos el porcentaje de respuestas agrupadas en las categorías previamente definidas: categoría I (ideas intuitivas), categoría II (modelos híbridos) y categoría III (ideas coherentes con las de la ciencia). El gráfico 1 muestra como cambiaron estos porcentaje, antes y después de implementada la propuesta de enseñanza.

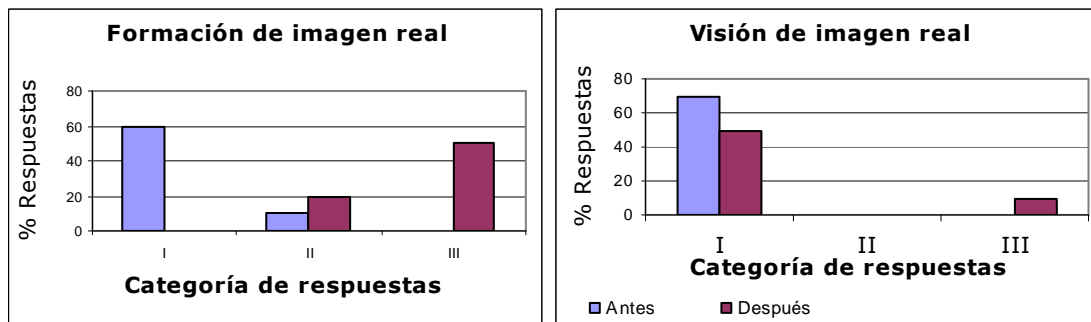


Gráfico 1: Distribución de las respuestas de los alumnos antes y después de la enseñanza en relación a la formación de una imagen

Se puede observar que inicialmente los alumnos usaron ideas intuitivas (agrupadas en la categoría I) o modelos híbridos (categoría II) para explicar la formación y visión de una imagen real.

Luego de la enseñanza, y en relación al fenómeno de formación de la imagen, un alto porcentaje de respuestas resultaron coherentes con las de la ciencia escolar (categoría III). No obstante hay que notar que un porcentaje considerable de respuestas todavía involucran modelos híbridos en los cuales ideas intuitivas y coherentes con la de la ciencia compiten y coexisten. En tanto para explicar el fenómeno de visión de la imagen las ideas más utilizadas son las intuitivas (que se agrupan en la categoría I) y un bajo porcentaje de respuestas se agrupa en la categoría III que contempla ideas coherentes con las de la ciencia.

## Conclusiones

A partir de los resultados hallados podemos observar que antes de la enseñanza los estudiantes compartían ideas no coherentes con las de la ciencia escolar respecto de los fenómenos formación y visión de una imagen óptica. Al modo de conocer compartido lo caracterizamos por principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y modos de razonar característicos de un pensamiento cotidiano o intuitivo. Una vez implementada la propuesta didáctica observamos que los alumnos parecen haber construido una idea coherente con la de la ciencia en relación al fenómeno de formación de una imagen real. Pero no logran explicar la visión de una imagen real que se proyecta en la pantalla en términos coherentes con lo que ésta propone. Tal como observamos en trabajos anteriores (Bravo, Pesa y Pozo, 2010) la interpretación de los fenómenos que ocurren al interaccionar la luz con los objetos (que en este caso conducen a la formación de una imagen) presentaría menos complejidad que los que ocurren entre la luz y el sistema visual durante los procesos de visión (en este caso visión de la imagen).

Las mayores dificultades en el aprendizaje de esta temática están centradas en: la superación de un modelo holístico preconceptual que considera a la formación de la imagen como una “imagen potencial” que se mueve a través del espacio desde el objeto; la discriminación entre los procesos físicos de formación de la imagen y la percepción de la misma; la comprensión del funcionamiento del detector más usual de los sistema ópticos: el ojo del observador como instrumento óptico incorporado al sistema (Pesa, 1997; Pesa, Cudmani y Bravo, 1993).

Por lo dicho se podría entender por qué los alumnos, ante la implementación de la propuesta diseñada, parecen tener más éxito en construir una idea coherente con la de la ciencia para explicar la formación de una imagen y no así la visión. Estos resultados alertan sobre qué aspectos deberían ser tenidos especialmente en consideración al momento de implementar la enseñanza a fin de favorecer eficazmente el aprendizaje significativo del saber de la ciencia

en relación a la formación y visión de un imagen. Este hecho se ha tenido en cuenta al rediseñar la propuesta didáctica cuya implementación y evaluación se está llevando a cabo actualmente.

## Referencia

BRAVO, B.; PESA, M.; ROCHA, A. La visión y los fenómenos ópticos. Una propuesta para su enseñanza. **Revista novedades educativas** n. 237, p.32-39. 2010

BRAVO, B.; PESA, M.; POZO, JI. The learning of sciences: a gradual change in the way of learning. The case of vision. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.14, n.2, p.299-317. 2009.

BRAVO, B., PESA, M.; POZO, JI. Los modelos de Ciencia para explicar la visión y el color: las complejidades asociadas a su aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**. v.28, n.1, p.113-126. 2010.

CHI, M.T.H. Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. En: Limón, M. y Mason, L (eds) **Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice**. Londres: Kluwer academic publishers. 2002.

GALILI I.; HAZAN, A. Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. **International Journal of Science Education**, v.22, n.1, p.57 - 88. 2000

GARCÍA O.; MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. La enseñanza de la luz y la visión con una estructura problematizada: propuesta de secuencia y puesta a prueba de su validez. **Enseñanza de las ciencias**. Número extra. VII Congreso. 2005.

GIL LLINÁS BADAJOZ, J. Preconcepciones y errores conceptuales en Óptica. Propuesta y validación de un modelo de enseñanza basado en la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein. **Memoria Tesis Doctoral**. Disponible en: [dialnet.unirioja.es/servlet/fichero\\_tesis?codigo=293&orden=0](http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_tesis?codigo=293&orden=0). Acceso el 1 de julio de 2011.

GREGORY R. L. **Eye and Brain. The psychology of Seeing**. London: Weidenfeld and Nicolson PRSA.1990

PESA, M.. Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes. **Tesis doctoral**. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán. 1997

PESA, M; CUDMANI L.; BRAVO, S. Formas de razonamientos asociadas a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.1, p.17-31. 1993

POZO J.I.; GÓMEZ CRESPO, M. **Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico**. Madrid: Ed. Morata SL.1998

SALINAS J.; SANDOVAL, J. Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes. **Revista Enseñanza de Física**. v.10, n.2, p.32 – 34.1996

SALINAS J.; SANDOVAL, J. Enseñanza Experimental de la Óptica Geométrica: Campos de Visión de Lentes y Espejos **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.22, n.2, p.259-265. 2000

SEARS, F.W.; ZEMANSKY, M.W.; YOUNG, H.; FREEDMAN, R.; LEWINS FORD, A. **Física Universitaria con Física Moderna. Volumen 2**. Undécima edición. México: Person Educación. 2005.

VOSNIADOU, S Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and instruction**. n.4, p. 45-69. 1994

## **Anexo**

**I.**-Un alumno ha realizado un experimento que consiste en colocar una lente (como la de una lupa) entre una vela y una pantalla. Como resultado de la experiencia observa en la pantalla la imagen invertida de la vela. Explica: **a)** cómo y por qué crees que se forma esa imagen, **b)** qué crees que ocurriría con la imagen de la vela si el alumno: aleja de la lente la pantalla; si la quita la pantalla y quita la lente. Representa tu respuesta con un dibujo.

**II.** ¿Que respuesta le darías a: **a)** a tu profesor que te pide que expliques cómo y por qué, al usar una lupa, es posible percibir la imagen del Sol proyectada en el suelo? **b)** al encargado de proyectar las películas en el cine que te dice que no se formará la imagen de la película si no cuenta con una pantalla?