

**IMPLICANCIAS DE LA ENSEÑANZA SOBRE EL SABER DE LOS ALUMNOS. EL APRENDIZAJE DE FENÓMENOS OPTICOS. PRIMERA PARTE.**  
**(Implications of the education on the knowledge of students. The optical phenomena of learning. First part.)**

**Bettina M. Bravo** [bbravo@fio.unicen.edu.ar]

CONICET – Facultad de Ingeniería, UNCPBA

Av. Del Valle 5737 – (7400) Olavarría, Buenos Aires, Argentina

**Marta A. Pesa** [mpesa@herrera.unt.edu.ar]

Area de Física. – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Univ. Nac. de Tucumán

Av. Independencia 1800 - (4000) Tucumán province, Argentina

**Adriana L. Rocha** [arocha@fio.unicen.edu.ar]

Departamento de Profesorado em Física y Química - Facultad de Ingeniería, UNCPBA

Av. Del Valle 5737 – (7400) Olavarría, Buenos Aires, Argentina

### **Resumen**

Se analiza el modo de conocer que presentan alumnos que ingresan y egresan de la educación secundaria, en relación a la formación y visión de una imagen óptica. Se implementa un diseño de tipo pretest – educación secundaria - postest para grupos diferentes y se opta por una metodología descriptiva. Los resultados obtenidos revelan que los estudiantes, independientemente de su formación, explican los fenómenos a partir de ideas intuitivas u otras productos de la escolarización incompletas e incorrectas en términos de la ciencia. Los resultados plantean la necesidad de diseñar propuestas de enseñanza tendientes a revertir la situación hallada.

**Palabras-clave:** fenómenos ópticos; enseñanza; educación secundaria; conocimiento de los alumnos.

### **Abstract**

This study analysed the way of knowing students who enter and graduate from secondary education have in relation to the formation and vision of an optical image. A pre-test – secondary education – post test-type design for different groups was implemented and a descriptive methodology was employed. The results obtained reveal that students, regardless of their formation, explain phenomena from their intuitive ideas or others either incomplete or incorrect in scientific terms which are the result of their school education. The results express the need for the design of proposals to transform the situation found.

**Keyword:** optical phenomena; education; secondary school; students's knowledge.

### **Introducción**

La importancia de enseñar acerca de la visión de los objetos y la formación y visión de las imágenes radica en que esta temática presenta una gran relevancia científica y un especial atractivo para los alumnos. Hogarth (2002) señala que todo aprendizaje se vería potenciado si “aprender” resulta estimulante, interesante, si proporciona un sentimiento de competencia y de control del entorno, si permite conocer cómo funcionan las cosas, satisfacer una curiosidad. La temática elegida presentaría en este sentido una gran significatividad para los estudiantes en cuanto permite interpretar fenómenos cotidianos y tomar decisiones sobre problemas que se presentan en el día a día como así también interpretar el funcionamiento de diversos dispositivos tecnológicos (como las máquinas fotográficas, los proyectores de diapositivas, las lentes correctoras, etc.)

A su vez la importancia de abordar esta temática en educación secundaria radica en que existe una gran antinomia entre las concepciones científicas y las de sentido común, lo que representa un desafío a la hora de intentar propiciar con la enseñanza formal, la construcción de un modo de conocer coherente con el saber científico. En tal sentido, cuando el niño desde pequeño interacciona con su entorno físico y social va aprendiendo significativamente ciertos conceptos, ideas, proposiciones.... relacionados con la naturaleza y comportamiento de la luz, que por lo general no coinciden con las científicas.

En relación con el fenómeno de la visión, por ejemplo, la experiencia cotidiana “indica” que si abrimos los ojos y miramos vemos de inmediato, sin que se puedan reconocer procesos o interacciones ni percibirse el intervalo de tiempo que transcurre entre ese “abrir los ojos” y ver y hasta interpretar lo que ocurre “fuera” nuestro como observadores. Esta experiencia fenomenológica conduce a que se perciba a la visión como un proceso espontáneo y que se explique que para ver un objeto es suficiente con tener ojos, que la luz lo ilumine y mirar hacia él, desconociéndose, por ejemplo, a la reflexión difusa de la luz en los objetos y la necesidad de que la luz reflejada llegue al ojo para poder ver. Diversos autores (como Anderson & Kärqvist 1983; Collins, et al, 1998; Delval, 1997; Fetherstonhaugh & Treagust, 1992; Guesne 1989; Osborne & Black 1993; Pesa, Cudmani & Bravo, 1993; Pesa & Cudmani 1993; Siqueira Harres, 1993; Selley 1996; Verkerk & Bouwens, 1993) han hallado que estas ideas son compartidas por alumnos de distintas formaciones y niveles educativos.

En relación a la formación y percepción de imágenes, la experiencia cotidiana parece indicar que los espejos son los elementos que, por excelencia, y en función de sus características (como la superficie pulida) tienen la capacidad de crear o “reflejar” una imagen (una réplica) del objeto que se encuentra frente a ellos. En tal sentido, autores que estudiaron las concepciones de estudiantes de distintas edades (como por ejemplo Galili & Hazan, 2000; Pesa, 1997) hallaron efectivamente que éstos tienden a explicar que:

- la imagen se mueve desde el objeto hacia el espejo donde permanece (sin que se involucre al observador en la formación de este fenómeno);
- la imagen está siempre presente en el espejo aún en ausencia de un observador;
- los espejos reproducen los objetos mediante la creación de sus imágenes;
- la imagen viaja al espejo y "rebota en él" (se refleja en el);
- si se interponen obstáculos entre el objeto y el espejo la imagen no logra alcanzar el espejo, y entonces no se forma.

Desde esta perspectiva se percibiría que el espejo forma una imagen de todos los objetos que estén frente a él independientemente de que el ambiente esté iluminado o que esté presente un observador.

En relación a la formación de imágenes por refracción, desde el saber intuitivo se suele asumir que las lentes, por sus características, pueden crear o proyectar la imagen del objeto cambiando su tamaño y/u orientación. Así, autores que estudiaron las concepciones de estudiantes de distintas formaciones académicas (como por ejemplo García, Martínez Torregrosa & Carrascosa, 2005; Pesa & Cudmani, 1993; Pesa, Cudmani & Bravo, 1993; Salinas & Sandoval, 2000) hallaron que los alumnos tienden a creer que:

- si se tapa parte de la lente convergente con un elemento opaco, desaparece parte de la imagen;
- si se retira la pantalla desaparece la imagen real que se proyectaba allí;

- la imagen se seguiría formando sobre la pantalla aún si ésta se aleja de la lente o incluso si la lente convergente se quita;
- la lente convergente invierte la imagen del objeto.

Estas ideas que los alumnos de distintas edades suelen usar para explicar la visión indirecta de los objetos, reflejan una concepción holística de cómo se propaga la imagen (Pesa, 1997) y un modelo implícito de “imágenes viajeras” (Salinas & Sandoval, 2000). A partir de estas concepciones se concibe a las imágenes como figuras completas emitidas por los objetos, que tienen iguales propiedades que ellos, y que pueden propagarse por el espacio y pegarse en una pantalla cuando la encuentran (García, Martínez Torregrosa & Carrascosa, 2005) o rebotar en los espejos (Galili & Hazan, 2000). Estas ideas revelan también una falta de comprensión del rol de la lente y el espejo en la formación de la imagen, una concepción pasiva del observador y una concepción activa de la pantalla de observación en tanto su posición fija la ubicación de la imagen (Pesa & Cudmani, 1993; Pesa, Cudmani & Bravo, 1993).

Estas descripciones e interpretaciones que se hace de los fenómenos luminosos desde el conocimiento común, está muy alejada de las interpretaciones científicas.

En tal sentido y de forma sintética, desde la ciencia 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 presentes en la retina, 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 (en superficies espejadas o cuerpos transparentes) de tal forma que convergen hacia o parecen divergir desde un punto llamado punto imagen (Sears et al, 2005). 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 ver su imagen.

El saber de la ciencia y el saber cotidiano presentan entonces diferencias sustanciales que trascienden lo conceptual. La perspectiva teórica que adoptamos aquí implica concebirlos como dos modos de conocer, dos maneras 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. Serían estos principios (que se describen en la tabla 1), los que guían de forma inadvertida 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 (Chi, 2002; Pozo & Gómez Crespo, 1998; Pozo, 2001; Salinas & Sandoval, 1996; Viennot, 2002; Vosniadou, 1994).

Los aspectos analizados son indicadores de que el paso del conocimiento de sentido común al científico involucra cambios que trascienden lo conceptual. En tan sentido la complejidad del aprendizaje se debería al hecho de que aprender ciencias no implicaría la sustitución de ideas o formas de pensar sino un cambio sustancial en los principios implícitos que condicionan la manera en que se entiende, interpreta y comprende el mundo.

Pero... la educación que tradicionalmente se implementa en las aulas de ciencia: ¿promueve un cambio sustancial en el modo de conocer de los estudiantes?, ¿propicia la construcción de un modo de conocer ontológica, epistemológica y conceptualmente coherente con el propuesto por las ciencias en relación a los fenómenos ópticos y de percepción visual?

Tabla 1: Principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y modos de razonar característicos del conocimiento intuitivo y del conocimiento científico (adoptada y adaptada de Pozo, 2001 y Salinas & Sandoval, 1996).

	<b>SABER INTUITIVO</b>	<b>SABER DE LA CIENCIA</b>
<b>Principio Ontológico</b>	Estado: Interpretación del mundo en estados de la materia desconectados entre sí.	Sistema: Los fenómenos se interpretan en función de relaciones complejas que forman parte de un sistema.
<b>Principio Epistemológico</b>	Realismo ingenuo: La realidad es tal como la vemos, lo que no se percibe no se concibe.	Constructivismo: Se concibe que la ciencia está conformada por modelos alternativos que permiten interpretar la realidad pero no son la realidad misma.
<b>Principio Conceptual</b>	Hecho o dato: Los fenómenos y hechos se describen en función de propiedades y cambios observables.	Interacción: Las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción.
<b>Modos de razonar</b>	Monoconceptual: se supone que los fenómenos dependen de una sola variable.	Pluriconceptual.
	No sistémico: no se consideran efectos mutuos entre elementos involucrados.	Sistémico.
	Reduccionista: se atiende más a las propiedades que a las funciones de los elementos involucrados en el fenómeno.	No reduccionista.

En trabajos previos hemos analizado la influencia de la potencialidad de la enseñanza que tradicionalmente se implementa para favorecer el aprendizaje de las ciencias en relación a la visión y el color (Bravo, 2008; Bravo, Pesa y Pozo; 2010). En dichos trabajos caracterizamos y analizamos comparativamente el conocimiento que acerca de estos fenómenos presentan alumnos de 14 -15 años de edad (que al momento de realizar los trabajos finalizaban la Educación Secundaria Obligatoria), alumnos de 17 - 18 años (que finalizaban para entonces la Educación Secundaria no Obligatoria) y futuros profesores de Ciencias Naturales (con especialidad en Biología). En todos los casos se trabajó con estudiantes del último año de los respectivos niveles educativos a fin de asegurar que los contenidos mínimos propuestos por los diseños curriculares oficiales, y con ellos los relacionados con los procesos de percepción visual, hayan sido abordados en clases de ciencia con estos alumnos. Los resultados hallados nos permitieron observar que la enseñanza tradicionalmente impartida en los distintos niveles educativos no potenciaría un cambio en el modo de conocer de los estudiantes desde uno más intuitivo a otro coherente con el de la ciencia, ya que, si bien se observó que conforme aumenta la edad y el nivel de instrucción disminuye la probabilidad con que son usadas las ideas cotidianas y aumenta la probabilidad con que se utilizan las coherentes con las de la ciencia, se halló que al finalizar la educación (e independientemente del nivel educativo) los alumnos utilizaron un modo de conocer más coherente con el intuitivo que con el de la ciencia para explicar la visión y la percepción del color.

De forma análoga a lo realizado con antelación, y siempre con el fin de hallar respuestas a los interrogantes planteados, con la presente investigación nos detenemos a analizar el saber que comparten los alumnos en relación a los fenómenos de formación y visión de una imagen óptica, al

ingresar y egresar de la Educación Secundaria. Estudiar y comparar el conocimiento que presentan los estudiantes antes y después de transitado este nivel educativo permitirá continuar analizando la potencialidad de la enseñanza que tradicionalmente se implementa en las clases de ciencia y hallar indicadores concretos sobre los cuales intervenir para intentar potenciar una mejora de la realidad educativa en relación a la temática planteada.

## Objetivos

- Caracterizar el conocimiento acerca de la formación y percepción de imágenes reales y virtuales, de alumnos de 11 -12 años de edad (que inician la educación secundaria) y alumnos de 17 – 18 años (que finalizan la educación secundaria). Dicha caracterización implica estudiar si los sujetos reconocen las variables (luz– objeto – dispositivo óptico - sistema visual) e interacciones fundamentales (iluminación, reflexión difusa, refracción, reflexión especular, visión) a las que se debe atender al momento de elaborar una explicación científica respecto de los fenómenos analizados.
- Interpretar el conocimiento de los sujetos en función de los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que subyacen a cada manera de conocer y los modos de razonamientos asociados.

## Problemas de investigación

Los estudiantes del primer y último año de educación secundaria: ¿utilizan un modelo sistémico (que implica considerar las interacciones entre la luz, los objetos, las lentes o espejos y el sistema visual) para explicar los fenómenos de formación y visión de imágenes ópticas? En tal sentido ¿reconocen las interacciones que suceden entre la luz y los objetos (reflexión difusa, refracción, reflexión especular) y la luz emitida por éstos y el sistema visual al momento de elaborar una explicación a los fenómenos mencionados?

Atendiendo a las respuestas dadas por los estudiantes que ingresan y egresan de la educación secundaria: ¿la enseñanza formal promueve un aprendizaje de los modelos científicos respecto de los fenómenos de formación y visión de una imagen óptica que implique usar concepciones coherentes con las de la ciencia?

## Hipótesis de trabajo

Los resultados propuestos por distintos investigadores (como por ejemplo Galili & Hazan, 2000; García, Martínez Torregrosa & Carrascosa, 2005; Pesa, 1997; Pesa & Cudmani, 1993; Pesa, Cudmani & Bravo, 1993; Salinas & Sandoval, 2000) y los hallados en los trabajos previos antes mencionados, dejan en evidencia las dificultades que presenta para alumnos de distintos niveles educativos interpretar los modelos que la ciencia propone para explicar la formación y visión de una imagen óptica y la escasa potencialidad de la educación formal que tradicionalmente se implementa para favorecer el aprendizaje de modelos relacionados con fenómenos ópticos. A partir de ello, y del marco teórico que sustenta este trabajo, se plantean las siguientes hipótesis de trabajo:

- Tanto los alumnos que ingresan a la educación secundaria como los que egresan de este nivel educativo reconocen sólo parcialmente las variables (luz – objeto – sistema óptico y sistema visual) e interacciones que suceden entre ellas (reflexión difusa, refracción, reflexión especular, percepción visual) al momento de explicar la formación y percepción de una imagen óptica. No subyace a sus explicaciones un modelo sistémico de percepción. En tal sentido,

dichos fenómenos se interpretan en función de relaciones causales lineales simples o en términos de estados donde las variables no se conciben interrelacionadas. La formación y visión de una imagen óptica no se explica en términos de interacciones y sistemas, implicando modos de razonar pre-científicos, no coherentes con los que subyacen a la manera de conocer de las ciencias.

- La enseñanza tradicionalmente impartida en la educación secundaria no potencia un cambio en el modo de conocer en los estudiantes, desde concepciones intuitivas (compartidas generalmente al comenzar la educación formal) a otras coherentes con las de la ciencia. En tal sentido, ambos grupos de alumnos tienden a usar un saber más coherente con el intuitivo que con el propuesto por la ciencia.

## **Metodología**

### *Participantes*

Se trabaja con un total de 104 alumnos, 54 de primer año de la educación secundaria y 50 de sexto año (último año de este nivel educativo). Todos los alumnos pertenecen a un establecimiento de gestión pública de la ciudad de Olavarría (Buenos Aires - Argentina) de la zona urbana. Se eligió trabajar con este establecimiento porque la selección de los alumnos ingresantes es por sorteo y de más de 150 aspirantes ingresan sólo 50. Este hecho nos permite trabajar sobre un grupo cuyas historias educativas anteriores resultan heterogéneas y así poder cubrir un mayor abanico de formaciones académicas iniciales. A su vez la representatividad de la muestra elegida también se daría en los alumnos que egresan ya que este colegio tiene la particularidad de contar en su oferta académica con todas las especialidades prescriptas para la educación secundaria y los alumnos que conviven en el aula de sexto año, han transitado a lo largo de su educación secundaria por distinta formación académica.

La toma de datos que permite llevar adelante esta investigación se realizó durante el año 2010 y se implementó simultáneamente el cuestionario diseñado en los cursos de alumnos ingresante y en los cursos de los alumnos que egresan. Dados los diseños curriculares oficiales, los alumnos egresantes habrían recibido instrucción formal sobre la temática analizada, durante su tránsito por la educación secundaria.

### *Tareas y procedimientos*

Con el objetivo de arribar a datos concretos que permitan concluir acerca de qué concepciones utilizan los alumnos para explicar la formación y visión de una imagen óptica se utilizaron cuestionarios de problemas que se diseñaron especialmente en esta investigación tomando como base los elaborados y validados por otros autores (como por ejemplo Gil Llimás Barajoz, 2003; Osuna García 2007; Pesa, 1997). A su vez los cuestionarios diseñados fueron validados por expertos (de las Universidad Nacional de Tucumán y la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires) que controlaron cada una de las cuestiones involucradas. En los mismos se incluyeron situaciones problemáticas en las que se cuestiona a los alumnos acerca de cómo y por qué se forma y percibe una imagen (real y virtual) y se les solicita que elaboren una explicación lo más completa posible haciendo uso de las ideas que tienen al respecto. En el anexo se presentan algunos ejemplos de las problemáticas utilizadas.

### *Diseño del estudio*

En el presente estudio se implementa un diseño de tipo pretest – educación secundaria - posttest para grupos diferentes. Se analiza comparativamente las explicaciones que los alumnos

dieron antes y después de transitar por la educación secundaria, a los fenómenos de formación y visión de una imagen óptica. Se optó por una metodología descriptiva que permita detallar qué ideas usan para explicar los fenómenos analizados y qué influencia presenta la formación académica sobre el tipo de idea utilizada.

### *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 (luz, sistema visual, objetos: iluminados o luminosos, lentes) e interacciones (luz – objeto: reflexión difusa; luz – lente: refracción; luz – espejo: reflexión especular; luz – sistema visual: visión) se involucraron explícitamente en cada una de las explicaciones elaboradas. Identificadas las ideas utilizadas se las describió y caracterizó en función de los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y modos de razonar asociados, atendiendo a lo propuesto en la tabla 1 y a la metodología, resultados, descripciones y caracterizaciones realizadas en investigaciones previas (ver por ejemplo Bravo y Rocha, 2008; Bravo y Pesa, 2005; Bravo, Pesa y Pozo; 2010)

## **Resultados**

Se presentan a continuación los resultados obtenidos al analizar las respuestas dadas por los alumnos con los que se trabajó. A fin de sistematizar la información se identifican y describen en primer término, las ideas utilizadas por los estudiantes que ingresan a la educación secundaria y luego las utilizadas por los alumnos que egresan de este nivel educativo. En cada caso se presentan y describen discriminadamente las ideas relacionadas con la formación de una imagen real; la visión de una imagen real y la formación y visión de una imagen virtual.

### *Ingreso a la Educación Secundaria*

#### *Formación de una imagen real*

Al analizar las respuestas que los alumnos que ingresan a la educación secundaria dieron sobre el fenómeno de **formación de una imagen real** formada ante un sistema vela – lente – pantalla hallamos tres grupos de respuestas, que se presentan y describen a continuación.

**Grupo 1:** en las respuestas agrupadas aquí 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 y no se reconocen interacciones entre ellos.

En el marco de nuestra investigación estas ideas pueden caracterizarse por los principios ontológico de Estado (en tanto se interpreta el fenómeno en términos de estados de la materia desconectados entre sí considerando por ejemplo que la lente crea la imagen y/o la pantalla la proyecta); conceptual de 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) y epistemológico de realismo ingenuo (ya que se concibe que las cosas son o suceden tal como lo registran nuestros sentidos). En tanto subyacen a estas ideas modos de razonar que resultan reduccionistas (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 es capaz de crear la imagen), monoconceptuales (ya que se supone que el fenómeno dependen de una sola

variable, la lente) y no sistémicos (dado que no se consideran procesos, interacciones ni efectos mutuos entre elementos involucrados)

Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí se pueden citar las elaboradas por los alumnos A6 y A8 quienes explican, respectivamente, que: “*la imagen se forma por efecto de la lupa, porque la lupa tiene aumento*” y que “*la lente, al ser más delgada en el medio, forma e invierte la imagen*”.

En función de la descripción realizada en la tabla 1, a las respuestas agrupadas aquí se las puede caracterizar como **intuitivas**.

**Grupo 2:** en las respuestas agrupadas aquí se reconocen a la luz, los objetos, la lente y la pantalla como elementos indispensables para que se genere y visualice una imagen real. Y se reconoce que la imagen sería una consecuencia de la interacción de la luz emitida por el objeto y la lente. Pero esa interacción se explica en términos intuitivos asumiendo que la lente altera de algún modo la luz para que la imagen se forme. Se concibe también que una vez “creada” la imagen ésta se propaga como un todo en el espacio, cambiando de tamaño y/o nitidez conforme la pantalla (donde se proyecta) se aleja de la lente.

Estas ideas serían producto de una escolarización ya que (a diferencia de las ideas agrupadas en el Grupo 1) atienden a las variables que la ciencia propone para explicar el fenómeno de formación de una imagen real (luz, objetos, lentes) y 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 (que contiene componentes intuitivas y escolarizadas). Se puede caracterizar las ideas agrupadas aquí 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”, “refleja” y la pantalla “la visualiza”) – Estado (en tanto si bien se reconocen procesos de interacción entre la lente y la luz se los explica en términos intuitivos: la lente *transforma- deja pasar* la luz) - Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista, pluriconceptual (se reconocen las distintas variables involucradas), no sistémico.

Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí se pueden citar las elaboradas por los alumnos A4 y A7 que, respectivamente explican que: “*el reflejo de la vela pasa por la lente y luego se refleja en la pantalla*”; “*la luz de la vela al pasar por la lente realiza una especie de sombra*”.

En función de la caracterización realizada en la tabla 1, a las respuestas agrupadas aquí no se las puede describir ni como netamente intuitivas ni como coherentes con las de la ciencia ya que serían modelos híbridos que poseen componentes intuitivos y otros que surgen como producto de la escolarización. A estas ideas, entonces, se las puede caracterizar como **ideas escolarizadas (incompletas e incorrectas en términos de la ciencia)**.

**Grupo 3:** en las respuestas agrupadas aquí se reconocen a la luz, los objetos, la lente y la pantalla como elementos indispensables para que se genere y visualice una imagen real. El objeto tiene la función de emitir luz; la lente tiene la función de transmitir y/o cambiar la trayectoria de esa luz 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 aquí se explica la interacción luz emitida por el objeto – lente en términos coherentes con los de la ciencia, aunque dicha explicación resulte incompleta según lo que ésta propone.

Estas ideas serían también producto de una escolarización y se las puede caracterizar 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 transmite – la pantalla la proyecta permitiendo su visualización) – Proceso (en tanto se concibe que



la lente transmite y/o cambia la dirección de la luz y como consecuencia de ello se crea la imagen) – Proceso de superación del realismo ingenuo (en tanto se comienzan a utilizar modelos abstractos en lugar de ideas intuitivas para explicar las interacciones). Razonamiento reduccionista, pluriconceptual (se reconocen las distintas variables involucradas), no sistémico.

Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí se pueden citar la elaborada por A21 quien explica que la imagen se forma porque: “*la luz pasa la lente, que es un cuerpo transparente, y al llegar a la pantalla se refleja (choca)*”.

A las respuestas agrupadas aquí se las puede describir como **ideas escolarizadas coherentes con las de la ciencia** pero que resultan **incompletas** en términos de lo que ésta propone.

Vale aclarar que este tipo respuestas fue elaborado con muy baja frecuencia resultando las ideas agrupadas en los Grupo 1 y 2 las usadas en mayor medida.

### *Visión de una imagen real*

En relación al fenómeno de **visión de una imagen real**, hallamos un solo grupo de explicaciones en las cuales se reconoce 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. Principio subyacentes: Estado (el observador mira y ve) – Hecho o dato (en las pantallas 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 necesarios para ver la imagen y es suficiente con mirar para verla).

Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí se puede citar la elaborada por el alumno A18 quien explica que “*el observador ve la imagen porque está frente a la pantalla*”.

En función de la descripción realizada en la tabla 1, a las respuestas agrupadas aquí se las puede caracterizar como **intuitivas**.

### *Formación y visión de una imagen virtual*

Al analizar las respuestas que los alumnos que ingresan a la educación secundaria dieron sobre el fenómeno de formación y visión de una imagen virtual formada ante un sistema objeto – espejo plano, hallamos dos grupos de respuestas que se presentan y describen a continuación.

**Grupo 1:** involucra respuestas en las que se reconoce al espejo como elemento indispensable y suficiente para que se genere la imagen, teniendo la función de reproducir, copiar o reflejar a los objetos que se coloquen frente a él. Se concibe también que la imagen se forma independientemente de la presencia de un observador y que basta con que éste mire con sus ojos hacia el espejo para que pueda ver la imagen que se forma allí.

Se reconoce desde esta concepción un solo elemento implicado en la consecución del fenómeno el cual se explica en función de hechos observables y de la información aportada directamente por los sentidos. Se puede caracterizar a esta idea en términos de: principio ontológico de Estado (el espejo, por sus características, crea la imagen); conceptual de Hecho o Dato (cuando nos paramos frente a un espejo vemos nuestra imagen) y epistemológico de Realismo Ingenuo. En tanto los modos de razonar asociados resultarían reduccionistas, monoconceptuales y no sistémicos.

Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí se puede citar la elaborada por el alumno A1 quien explica que “*el espejo refleja tu imagen y todo lo que tiene adelante*” o la de A2 quien explica que “*se forma la imagen de Manolito porque él se para frente al espejo*”.

En función de la descripción realizada en la tabla 1 a las respuestas agrupadas aquí se las puede caracterizar como **intuitivas**.

**Grupo 2:** involucra respuestas que reconocen a la luz, el espejo y los ojos como elementos indispensables para que se produzca la formación y visión de una imagen virtual. El espejo tiene la función de copiar o reproducir el objeto que se coloca frente a él o de reflejar la imagen que éste emite. Se concibe también que la luz (y su interacción con los espejos) es importante para que se forme y vea la imagen pero su función (y la interacción con el espejo) se explican en términos intuitivos no coherentes con los científicos.

Desde esta concepción se reconocen parcialmente a los elementos e interacciones implicados en la formación y visión de una imagen virtual. Se explican el fenómeno en función de hechos observables y de la información aportada directamente por los sentidos. Se pueden asociar los principios de: Estado (el espejo forma la imagen de los objetos; para que se forme la imagen es necesaria la luz); Causalidad lineal simple (para que se forme una imagen el objeto debe hallarse frente al espejo y la luz debe iluminar y/o reflejarse en el espejo) – Realismo Ingenuo. Razonamiento reduccionista, monoconceptual, no sistémico (no se reconoce todas las variables propuestas por la ciencia ni las interacciones que entre ellas suceden).

Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí se puede citar la elaborada por el alumno A4 quien explica que la imagen se forma “*por los rayos de Sol*”; la de A5 quien responde que “*la luz refleja en el espejo la forma que tiene adelante*” o la de A6 quien explica que “*la luz se refleja en el cuerpo y es transmitida al espejo*”.

Si bien estas respuestas involucran distinto número y tipo de variables y procesos que las agrupadas en el grupo anterior, al igual que aquellas ignoran el papel activo del observador en la formación de la imagen (de hecho todos los alumnos afirman que si el observador cierra los ojos la imagen permanecerá en el espejo aunque él no podrá verla) y conciben que la formación y visión son procesos independientes. Por esta razón resultan científicamente incorrectas e incompletas.

En función de la caracterización realizada en la tabla 1, a las respuestas agrupadas aquí no se las puede describir ni como netamente intuitivas ni como coherentes con las de la ciencia ya que serían modelos híbridos que poseen componentes intuitivos y otros que surgen como producto de la escolarización. A estas ideas, entonces se las puede caracterizar como **ideas escolarizadas (incompletas e incorrectas en términos de la ciencia)**

## ***Egreso de la Educación Secundaria***

### ***Formación de una imagen real***

Al analizar las respuestas que los alumnos que egresan de la educación secundaria dieron sobre el fenómeno de **formación de una imagen real** formada ante un sistema vela – lente – pantalla hallamos tres grupos de respuestas que coinciden con los hallados al analizar las explicaciones que dieron los alumnos que ingresan a la educación secundaria.

**Grupo 1** que como ya fue descrito, involucra respuestas que reconocen a la lente y la pantalla como elementos indispensables para que se genere y visualice una imagen real. A la lente se le otorga la función de crear la imagen del objeto que se coloque cerca de ella y a la pantalla la de proyectar dicha imagen. A estas ideas las hemos caracterizado como ideas netamente **intuitivas**.

Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí pueden citarse las elaboradas por A2 y A5 quienes responden que: “*la lente refleja la imagen original*” y que “*la imagen pasa por la lente de forma tal que se invierte*”

**Grupo 2** descrito también al estudiar las ideas de los alumnos ingresantes, involucra respuestas donde se reconocen a la luz, los objetos, la lente y la pantalla como elementos indispensable para que se forme una imagen y se concibe que ésta se forma porque la luz emitida por el objeto interacciona con la lente (pero dicha interacción se explica en términos intuitivos). A estas concepciones las hemos caracterizado como producto de la escolarización a las que subyacen modelos híbridos. Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí puede citarse la elaborada por A6 quien responde que “*la imagen se forma porque la lente proyecta la luz de la vela*”.

**Grupo 3:** como ya se describió para el caso de los alumnos que ingresan a la educación secundaria, este grupo involucra respuestas donde también se reconocen a la luz, los objetos, la lente y la pantalla como elementos indispensables para que se genere y visualice una imagen real y a la interacción luz – lente como proceso necesario para que este fenómeno se produzca. A diferencia del grupo anterior las respuestas agrupadas aquí resultan incompletas pero no incorrectas en términos de las ciencias (ya que a la interacción luz – lente se la explica en términos coherentes con los que ésta propone). Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí se puede citar la elaborada por A3 quien explican que la imagen se forma porque: “*la luz emitida por la vela se desvía y cambia de dirección al pasar por la lente*”.

Es necesario acotar que este tipo de respuestas es elaborado con muy baja frecuencia resultando ser las ideas más utilizadas las agrupadas en los Grupo 1 y 2 (al igual que lo hallado al estudiar las respuestas que dieron los alumnos que ingresan a la educación secundaria).

### *Visión de una imagen real*

En relación al fenómeno de **visión de una imagen real**, hallamos un solo grupo de explicaciones, el mismo que el hallado al estudiar las ideas de los estudiantes que ingresan a la educación secundaria. En estas respuestas se reconoce que para ver la imagen basta con que el observador mire con sus ojos hacia la pantalla donde ésta se proyecta. A las ideas que subyacen a estas explicaciones las hemos caracterizado como **intuitivas**. Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí pueden citarse las elaboradas por A18 y A17 que responden, respectivamente, que el observador “*ve la imagen porque está frente a la pantalla*” o porque “*sus ojos ven la luz que se proyecta en forma de vela*”.

### *Formación y visión de una imagen virtual*

Al analizar las respuestas que los alumnos que egresan de la educación secundaria dieron sobre el fenómeno de formación y visión de una imagen virtual hallamos tres grupos de respuestas, dos de los cuales (grupo 1 y grupo 2) coinciden con los hallados al analizar las ideas de los alumnos ingresantes.

**Grupo 1:** como ya se describió involucra respuestas en las que se reconoce al espejo como elemento indispensable y suficiente para que se genere la imagen, teniendo la función de reproducir, copiar o reflejar a los objetos que se coloquen frente a él. Se concibe también que la imagen se forma independientemente de la presencia de un observador y que basta con que éste mire con sus ojos hacia el espejo para que pueda ver la imagen que se forma allí. A estas ideas las hemos caracterizado como **intuitivas**. Como ejemplo de las respuestas involucradas aquí se pueden citar la elaborada por A9 quien explica que “*la imagen se forma porque el espejo puede devolver la imagen*”

(por el material con el que está hecho)” o la elaborada por A17 que explica que “la imagen se forma porque la persona se para frente al espejo”.

**Grupo 2:** descrito también al estudiar las ideas de los alumnos ingresantes, involucra respuestas que reconocen a la luz, el espejo y los ojos como elementos indispensables para que se produzca la formación y visión de una imagen virtual. El espejo tiene la función de copiar o reproducir el objeto que se coloca frente a él o de reflejar la imagen que éste emite. Si bien se reconoce que la luz es importante para que se forme y vea la imagen, se explica su función y, eventualmente, la interacción con el espejo en términos intuitivos. Al observador, en tanto, se le otorga un rol pasivo y se conciben disociados los fenómenos de formación y visión de la imagen virtual. A estas concepciones las hemos caracterizado como **producto de la escolarización las cuales resultan incompletas e incorrectas en términos de la ciencia**. Entre las respuestas agrupadas aquí se puede citar la elaborada por A4 quien responde que la imagen del objeto se forma porque “la luz se refleja en el espejo” (según el dibujo que acompaña su respuestas, la luz que se refleja en el espejo es la que proviene de la fuente y no del objeto).

**Grupo 3:** en las respuestas agrupadas aquí se reconocen a la luz, los objetos y el espejo como elementos indispensables para que se genere y visualice una imagen virtual. El objeto tiene la función de emitir luz y el espejo de reflejarla. La principal diferencia con las ideas descritas anteriormente es que aquí se explica la interacción luz emitida por el objeto – espejo, en términos coherentes con los de la ciencia, aunque dicha explicación resulte incompleta según lo que ésta propone. A su vez se siguen disociando los fenómenos de formación y visión de una imagen virtual como si fueran procesos independientes. Esta idea, sería una producto de la escolarización y se la puede caracterizar 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; el espejo la refleja) – Proceso (en tanto se concibe que el espejo refleja la luz y como consecuencia de ello se crea la imagen) – proceso de superación del realismo ingenuo (en tanto se empiezan a usar modelo abstractos en lugar de ideas intuitivas para explicar los procesos). Razonamiento reduccionista, pluriconceptual (se reconocen las distintas variables involucradas), no sistémico.

Como ejemplo de las respuestas agrupadas aquí se puede citar la elaborada por A22 quien explica que la imagen se forma porque: “la luz se refleja en el espejo”.

A las respuestas agrupadas aquí se las puede describir como coherentes con las de la ciencia pero que resultan **incompletas en términos de lo que ésta propone**.

Vale observar que este tipo de respuestas fue elaboradas con muy baja frecuencia resultando las ideas más utilizadas las agrupadas en los Grupo 1 y 2, al igual que lo hallado al estudiar las respuestas que dieron los alumnos que ingresan a la educación secundaria.

### **Análisis de los resultados**

Los resultados obtenidos nos permiten observar que tanto los alumnos que ingresan a la educación secundaria como lo que están próximo a egresar, tienden a explicar los fenómeno de formación y visión de una imagen óptica a partir de ideas intuitivas u otras productos de la escolarización que por lo general resulta incompletas e incorrectas en términos de lo propuesto por la ciencia.

En tal sentido explican los fenómenos atendiendo sólo a algunas de las variables de las que éstos dependen, desconociendo los procesos de interacción que ocurren entre ellos. Y cuando se consideran algunos de estos procesos por lo general se los explica de manera incorrecta o incompleta según el saber de la ciencia.

Así, en relación al fenómeno de formación de una imagen real los alumnos tienden a explicar que la lente, por sus características, crea una imagen o invierte la imagen emitida por el objeto. Consideran también que si se cambia el lugar de la pantalla la imagen se seguirá formando sobre ella (cambiando de tamaño y nitidez). Subyacería a estas explicaciones un modelo de “imagen viajera” concebido como un “ente” que es emitido por el objeto (conteniendo “impresas” sus características), modificado por la lente (que cambia su tamaño u orientación) y proyectado por la pantalla (que permite que se vea y eventualmente se forme). Cuando asumen que la luz emitida por el objeto cumple un rol primordial en el proceso de formación de la imagen, acuden a ideas intuitivas para explicar la interacción que ocurre cuando ella incide en la lente (sólo una minoría de alumnos intenta dar una explicación coherente con la de la ciencia). En cuanto a la pantalla le otorgan un rol activo en el proceso de formación y visión. Y respecto de este último fenómeno los alumnos explican que la imagen se ve porque el observador mira, con sus ojos, hacia la pantalla. Es decir que subyace un modelo intuitivo acerca de cómo vemos que conlleva a asumir que para ver basta con tener ojos y mirar hacia el objeto que se desea visualizar.

De manera análoga, en relación al fenómeno de formación y visión de una imagen virtual los alumnos tienden a explicar que el espejo, por sus características, crea la imagen de los objetos que se sitúan frente a él. Cuando se asume que la luz emitida por el objeto cumple un rol primordial en el proceso de formación de la imagen, por lo general acuden a ideas intuitivas para explicar la interacción que ocurre entre ella y el espejo (sólo una minoría de alumnos intenta dar una explicación coherente con la de la ciencia). Consideran a su vez que la imagen virtual se forma independientemente de la presencia de un observador y que éste solo debe mirar hacia el espejo para ver las imágenes que se forman allí. Se concibe entonces que los fenómenos de formación y visión de una imagen virtual son independientes.

Así, y en concordancia con lo hallado los trabajos previos antes referenciados donde analizamos el saber de alumnos de distintas formaciones académicas en relación a fenómenos relacionados con la visión y la percepción del color hallamos aquí que los estudiantes de educación secundaria suelen usar tres modos de conocer diferentes para explicar los fenómenos de formación y visión de una imagen: un modo de conocer intuitivo, un modo de conocer incorrecto e incompleto en términos del saber de la ciencia y un modo de conocer correcto pero incompleto según el conocimiento que ésta propone. En la tabla 2, y a modo de síntesis de los resultados obtenidos, se presentan, describen (en términos de los principios subyacentes y modos de razonar asociados) y ejemplifican estos modos de conocer.

Tabla 2. Caracterización y ejemplificación de los modos de conocer que los alumnos utilizan para explicar la formación y visión de una imagen óptica (adoptada y adaptada de Bravo y Pesa, 2005)

TIPO DE CONCEPCIÓN	DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CONCEPCIÓN
<p style="text-align: center;"><b>IDEAS INTUITIVAS</b></p>	<p><b>Se reconocen parcialmente los elementos implicados en los fenómenos y no se reconocen interacciones entre ellos. La formación y visión de imágenes se explica en función de hechos observables y de la información aportada directamente por los sentidos.</b></p> <p>Principios subyacentes: Estado – Hecho o dato– Realismo ingenuo.</p> <p>Razonamiento reduccionista, no sistémico ni plurivariado.</p> <p>Ejemplos: <b>las imágenes se forman</b> por el material con el que está hecho el espejo; porque la persona se para frente al espejo; porque el espejo refleja la imagen de todo lo que tiene adelante; porque se coloca una lupa cerca del objeto; porque la lupa tiene aumento; porque la lente, es más delgada en el medio. <b>Se ven las imágenes porque el observador mira hacia la pantalla donde la imagen se proyecta o hacia el espejo donde la imagen se forma.</b></p>

<p><b>MODELOS HÍBRIDOS involucran ideas escolarizadas incorrectas e incompletas en términos de las ciencias</b></p>	<p><b>Se reconocen todos los elementos que la ciencia considera involucrados y algunas de las interacciones que suceden entre ellos, para explicar el fenómeno de formación de una imagen óptica. Dichas interacciones se explican en términos intuitivos.</b>                  Principio subyacente: Estado –Causalidad lineal simple – Realismo ingenuo.                  Razonamiento reduccionista, no sistémico, plurivariado.                  Ejemplos: las imágenes se forman porque <i>la lente proyecta la luz de la vela; hay luz del Sol; la luz refleja en el espejo la forma que tiene adelante; la luz se refleja en el cuerpo y es transmitida al espejo; el reflejo de la vela pasa por la lente y luego se refleja en la pantalla; la vela alumbra la lente y se refleja en la pantalla; la luz de la vela al pasar por la lente realiza una especie de sombra.</i>  <b>El fenómeno de visión de una imagen se explica en términos netamente intuitivos.</b>                  Ejemplos: Se ven las imágenes porque el observador <i>está frente a la pantalla donde la imagen se proyecta, con sus ojos ve la luz que se proyecta en forma de vela; mira hacia el espejo donde la imagen se forma.</i></p>
<p><b>IDEAS ESCOLARIZADAS correctas pero incompletas en términos de las ciencias</b></p>	<p><b>Se reconocen todos los elementos que la ciencia considera involucrados y algunas de las interacciones que suceden entre ellos, al explicar el fenómeno de formación de una imagen óptica. Dichas interacciones se explican en términos coherentes con los de la ciencia, resultando la explicación elaborada correcta pero incompleta según lo que ésta propone.</b>                  Principio subyacente: Proceso –Causalidad lineal simple a múltiple – Proceso de superación del realismo ingenuo.                  Razonamiento reduccionista, no sistémico, plurivariado.                  Ejemplos: las imágenes se forman porque <i>la luz pasa por la lente, que es un cuerpo transparente, y al llegar a la pantalla se refleja (choca); la luz emitida por la vela se desvía y cambia de dirección al pasar por la lente; la luz se refleja en el espejo.</i>  <b>El fenómeno de visión de una imagen se explica en términos netamente intuitivos.</b>                  Ejemplos: Se ven las imágenes porque el observador <i>está frente a la pantalla donde la imagen se proyecta, mira hacia el espejo donde la imagen se forma.</i></p>

Respecto a la diferencia en la formación académica de los grupos de alumnos con los que se trabajó observamos que los cinco años de educación formal tradicional parecerían no haber favorecido la reconstrucción de los conceptos centrales intuitivos (tal como lo proponíamos en nuestra hipótesis de trabajo). Tanto los alumnos que ingresan como los que egresan de la educación secundaria hicieron uso de ideas y modelos explicativos análogos, y por lo general no coherentes con los propuestos por la ciencia. Resultados similares hallamos cuando estudiamos el modo de conocer que alumnos de diferente formación académica comparten sobre cómo y por qué vemos los objetos que nos rodean (Bravo, Pesa y Pozo, 2010).

## Conclusiones

En concordancia con los resultados hallados por otros autores (como por ejemplo Galili & Hazan, 2000; García, Martínez Torregrosa & Carrascosa, 2005; Pesa & Cudmani, 1993; Pesa, Cudmani & Bravo, 1993; Salinas & Sandoval, 2000) y en trabajos previos (Bravo y Rocha, 2008;

Bravo y Pesa, 2005) comprobamos que los alumnos de educación secundaria tienden a usar un saber intuitivo no coherente con el de la ciencia para explicar la formación y visión de una imagen óptica, el cual los lleva a asumir que:

- la lente y el espejo, por su constitución y características, crean, invierten o reflejan la imagen emitida por un objeto;
- que la imagen real solo puede verse si se proyecta sobre una pantalla y la función del observador se reduce a ser la de mirar hacia ella;
- para ver la imagen virtual basta con mirar hacia el espejo donde ésta se formó.

Al intentar caracterizar los modos de conocer utilizados, pudimos inferir que los alumnos tienden a utilizar un modelo no sistémico y reduccionista, basándose en hechos o datos directamente observables, reconociendo en el mejor de los casos, algunas de las interacciones entre las variables implicadas (relacionándolas a partir de relaciones de causalidades simples o explicándolas en términos intuitivos).

Por lo dicho, y tal como proponíamos en nuestras hipótesis de trabajo, podemos caracterizar al modo de conocer usado por los estudiantes con principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos más propios de un saber intuitivo que de uno coherente con el de la ciencia, ya que tienden a explicar la formación y visión de una imagen óptica en términos de lo que observan directamente, concibiendo que el mundo es y se comporta tal como nuestros sentidos nos lo indican.

Como se analizó en la introducción de este trabajo, las ideas que propone la ciencia para explicar la visión de los objetos y la formación y visión de las imágenes ópticas se diferencian sustancialmente de las que comparten los alumnos. Diferencias que radican en los principios conceptuales, ontológicos y epistemológicos que guían inadvertidamente la forma en que se interpretan los fenómenos y con ello en el modelo explicativo y modos de razonar que se activan al explicarlos.

Vale preguntarse: *¿qué cambios podemos promover los profesores en la enseñanza para favorecer en nuestros estudiantes nuevas formas de percepción y explicación de los fenómenos ópticos, más cercanos a los modos de conocer científicos?*

A fin de responder estos interrogantes, hemos diseñado una propuesta de enseñanza cuya características conceptuales y metodológicas y la evaluación de su potencialidad para favorecer el aprendizaje del saber de las ciencias, se presenta y discute en un próximo trabajo.

## Referencias

- Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1983) How Swedish pupil, aged 12 - 15 years, understand light and its properties. *International Journal of Science Education*, 5 (4), 387 - 402.
- Bravo, B (2008) La enseñanza y el aprendizaje de la visión y el color en educación secundaria. *Tesis doctoral no publicada*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Bravo, B., Pesa, M. y Pozo, JI (2010). Los modelos de Ciencia para explicar la visión y el color: las complejidades asociadas a su aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 28 (1), 113- 126.
- Bravo, B. y Rocha A. (2008) "Los modos de conocer de los alumnos acerca de la visión y el color: síntesis de resultados". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Acceso 23 de enero de 2012, [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART4\\_Vol9\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART4_Vol9_N2.pdf)

- Bravo, B. y Pesa, M. (2005) Concepciones de alumnos (14-15 años) de educación general básica sobre la naturaleza y percepción del color *Investigações em Ensino de Ciências*. Acceso 23 de enero de 2012, [http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID134/v10\\_n3\\_a2005.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID134/v10_n3_a2005.pdf)
- Chi, M.T.H. (2002) 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.
- Collins KF, Jones BL, Sprod T., Watson JM & Fraser SP. (1998) Mapping development in students' understanding of vision using a cognitive structural model. *International Journal of Science Education*, 20 (1), 45 - 66.
- Delval, J (1997) ¿Cómo se construye el conocimiento? *Kikirik*. 43, 44-45.
- Fetherstonhaugh T. & Treagust, D.(1992) Students' understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change. *Science education*, 76 (6), 653 – 672.
- Galili I. & Hazan, A. (2000) Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22 (1), 57 - 88.
- García O., Martínez Torregrosa, J. & Carrascosa, J (2005) 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.
- Gil Llinás Badajoz, J (2003). *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. Acceso 10 may, 2011, [http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/fichero\\_tesis?codigo=293&orden=0](http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_tesis?codigo=293&orden=0).
- Gregory R. L.(1990) *Eye and Brain. The psychology of Seeing*. London: Weidenfeld and Necolson PRSA.
- Guesne, R. (1989) La luz En: Driver,R., Guesne, E. y Tiberghien (ed) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. España: Editorial Morata S.A.
- Hogarth, R (2002). *Educación la Intuición*. Barcelona - Buenos Aires: Ediciones Paidós Ibérica S.A. y SAICF.
- Osborne, J. & Black, P. (1993). Young children's (7-11) about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15 (1), 83-93
- Osuna García, L (2006) *Planificación, puesta en práctica y evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria*. Memoria Tesis doctoral. Valencia: Universidad de Valencia
- Pesa, M. (1997). *Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes*. Tesis doctoral. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- Pesa M. & Cudmani L. (1993) Paralelismo entre los modelos precientíficos e históricos en la óptica. Implicaciones para la educación". *Caderno catarinense enseñanza física*, 10 (2), 128 – 136
- Pesa, M; Cudmani L. & Bravo, S. (1993). Formas de razonamientos asociadas a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12 (1), 17-31
- Pozo J.I (2001). *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Ed. Morata. SL.
- Pozo J.I. & Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ed. Morata SL.
- Salinas J. & Sandoval, J. (1996). Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes. *Revista Enseñanza de Física*, 10 (2), 32 – 34.



- Salinas J. & Sandoval, J. (2000) Enseñanza Experimental de la Óptica Geométrica: Campos de Visión de Lentes y Espejos *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22 (2), 259-265.
- Siqueira Harres, J. (1993) Um teste para detectar concepciones alternativas sobre tópicos introductorios de optica geométrica. *Caderno Catariense Eseñanza Fsica*, 10 (3), 220 – 234.
- Sears, F.W.; Zemansky, M.W.; Young, H.; Freedman, R. & Lewins Ford, A. (2005) *Física Universitaria con Física Moderna. Volumen 2*. Undécima edición. México: Person Educación.
- Selley, N. J. (1996) 1.a. Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18 (6), 713 – 723.
- Verkerk G., & Bouwens REA. (1993). Learning optics from seeing light. *Proceeding of the conference. International Conference on physics education*. Portugal: Universidad do Minho..
- Viennot, L. (2002). *Razonar en física. La contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado libros, SA.
- Vosniadou, S (1994) Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4, 45-69.

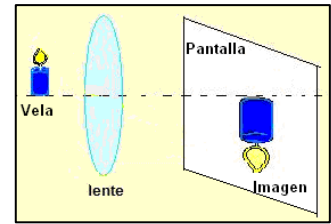
Recebido em: 07.07.11

Aceito em: 07.02.12

ANEXO

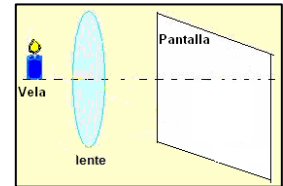
Ejemplo de problemáticas incluidas en el prestes

I. Un alumno de Física 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** (tal como lo muestra el dibujo). **Haciendo uso de tus ideas por favor elabora una respuesta lo más completa posible a las siguientes preguntas**



1) Analicemos el fenómeno que muestra el dibujo:

a) La figura que se forma y observa en la pantalla recibe el nombre de imagen: Decí con tus palabras qué es **esa** imagen.



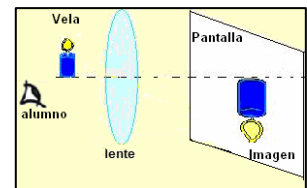
b) Explica cómo y por qué crees que se **forma esa imagen**. Representa tu respuesta en el dibujo.

c) Explica qué crees que ocurriría con la imagen de la vela si el alumno **aleja la pantalla** (hacia la derecha en el dibujo). Representa tu respuesta con un dibujo.

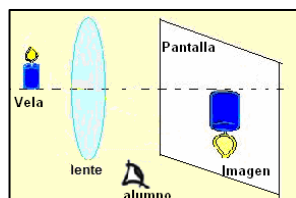
d) Explica que crees que ocurriría con la imagen de la vela si el alumno **quita la pantalla**. Representa tu respuesta con un dibujo.

e) Explica qué crees que ocurriría con la imagen de la vela si el alumno **quita la lente**. Representa tu respuesta con un dibujo.

2) Analicemos ahora lo que ve el alumno que realiza la experiencia y cómo y por qué lo ve.



a) Explica primero cómo y por qué crees que el alumno ve la vela. Representa tu respuesta en el dibujo.



b) Explica ahora de la vela que se dibuja.

cómo y por qué crees que el alumno **ve** la imagen forma en la pantalla. Representa tu respuesta en el

c) Si **se quita la pantalla**: ¿crees que habría alguna posibilidad de que el estudiante  **siga viendo** la imagen de la vela? Explica y representa tu respuesta con un dibujo.

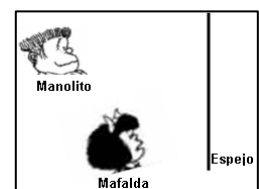
I.

1) El dibujo muestra a Manolito, el querido amigo de Mafalda, “mirándose” en un espejo plano. Por favor da la respuesta mas completa posible a cada una de las siguientes preguntas y acompáñalas con un diagrama



a) Explica cómo y porqué crees que se **forma** esa imagen. Representa tu respuesta en el dibujo.

b) Si Manolito cierra los ojos ¿seguirá formándose su imagen? Explica y representa tu respuesta con un dibujo.



2) En un momento dado Mafalda ingresa a la habitación y logra **ver** a

Monolito y a su imagen. Analicemos cómo y por qué los ve.

- a) Explica primero cómo y por qué crees que Mafalda ve a Manolito cuando mira hacia él. Representa tu respuesta en el dibujo.
- b) Explica ahora cómo y por qué crees que Mafalda ve la imagen de Manolito cuando mira al espejo. Representa tu respuesta en el dibujo.