

Los modos de conocer de los alumnos acerca de la visión y el color: síntesis de resultados

Bettina M. Bravo y Adriana L. Rocha

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina. E-mails: bbravo@fio.unicen.edu.ar

Resumen: En el marco de un trabajo de investigación longitudinal, se estudia el modo de conocer, sobre la visión y el color, que comparte un grupo de alumnos, conforme avanza su instrucción a lo largo de su educación primaria y secundaria. Se presenta una caracterización de las concepciones que los estudiantes utilizan con mayor frecuencia, a medida que transcurre la instrucción. La instrucción ha sido especialmente diseñada para favorecer el cambio ontológico, epistemológico y conceptual en el modo de conocer de los alumnos. El conocimiento de cómo cambia el modelo explicativo de los estudiantes permite decidir cómo enseñar los modelos de la ciencia, sobre visión y color.

Palabras claves: enseñanza, aprendizaje, ciencia, visión, color, cambio modo de conocer.

Title: The ways to know the students about the Vision and the Color: synthesis of results.

Abstract: As a part of a longitudinal research, we studied the way of knowing, that a group of students share, when they are learning about vision and color, during primary and secondary education. In this paper we present a characterization of the most frequent conceptions that students used, during the instruction. The instruction has been specially designed to foster change, conceptual, ontological and epistemological, in the way of knowing of students. Knowing about how it changes the explanatory model that students use, permits us to decide how teach the scientific model for vision and color.

Keywords: education, learning, science, vision, color, change way to know.

Introducción

El conocimiento científico y el conocimiento intuitivo, proponen dos formas sustancialmente distintas de "ver" e interpretar el mundo. Estas diferencias estarían relacionadas no sólo con la componente conceptual (y con ello con el modelo explicativo, la idea, la concepción usada en uno u otro contexto), sino también con la ontología y epistemología características de ambas maneras de conocer. Serían justamente estos principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales los que guiarían de forma implícita, la manera en que se interpretan los fenómenos y el modo de razonar que se activan al elaborar una

explicación (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Pozo, 2001; Salinas de Sandoval y Sandoval, 1996; Viennot, 2002).

Así, y en relación a la visión y el color, desde las ciencias se concibe que para que estos procesos ocurran, la luz debe interactuar con los objetos produciéndose los procesos de absorción y reflexión difusa y selectiva. Luego la radiación reflejada debe incidir en el sistema visual del observador y estimular selectivamente las células fotosensibles, como consecuencia de lo cual se producen complejas reacciones químicas que conducen a la emisión de estímulos nerviosos que llegan al cerebro donde, a partir de procesos de índole psicológica y cognitiva se interpreta lo que se ve y el color que se percibe (Flak, Brill y Stork, 1990; Gregory, 1990; Monserrat, 1998).

Desde el saber intuitivo, en cambio, al color se lo interpreta como una propiedad de la materia, en tanto se concibe que para ver un objeto basta con abrir los ojos y mirarlo objeto (Viennot, 2002).

Estas dos maneras de interpretar y explicar los fenómenos pueden describirse a partir de modos de razonar (Salinas de Sandoval y Sandoval, 1996) y principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos (Pozo, 2001) esencialmente diferentes, tal como se detalla en la tablas 1 y 2.

Saber intuitivo	Saber de la ciencia
Monoconceptual: se supone que los fenómeno 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

Tabla 1.- Características del saber intuitivo y el saber de la ciencia: Modos de razonar asociados.

Los aspectos analizados son indicadores de que el paso del conocimiento de sentido común al científico involucra cambios que trascienden lo conceptual. Aprender ciencias implicaría un cambio en los principios más profundos que guían inadvertidamente la manera en que se conciben los fenómenos.

Por ello resulta indispensable atender con la enseñanza formal, no sólo al modelo explicativo propuesto por la ciencia sino también al resto de los aspectos (principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales, y modos de razonar asociados) que caracterizan una y otra manera de conocer (intuitiva y científica), a fin de propiciar el aprendizaje en ciencias.

Así lo hemos podido observar en un trabajo de investigación longitudinal y exploratorio que tuvo como objetivo diseñar e implementar propuestas de enseñanza para, en el contexto de aula y durante el aprendizaje escolar, estudiar cuáles son los modelos explicativos que los estudiantes usan con mayor frecuencia, conforme avanza la instrucción.

Saber intuitivo		Saber de la ciencia
Ontológico	Estado: Se interpreta el mundo en términos de estados de la materia desconectados entre sí	Sistema: Los fenómenos se interpretan en función de relaciones complejas que forman parte de un sistema
Epistemológico	Realismo ingenuo: Se asume que la realidad es tal como la vemos: "lo que no se percibe no se concibe"	Constructivismo: Se concibe a la ciencia conformada por modelos alternativos que permiten interpretar la realidad pero no son la realidad misma
Conceptual	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

Tabla 2.- Características del saber intuitivo y el saber de la ciencia. Principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales subyacentes.

Descripción de la propuesta de enseñanza

La propuesta didáctica diseñada fue implementada con un grupo de estudiantes (conformado por 20 alumnos) pertenecientes a un colegio de la ciudad de Olavarría (Buenos Aires, Argentina), mientras cursaban los tres últimos años de Educación Primaria (entre 9 y 11 años de edad) y los tres años de Educación Secundaria Obligatoria (entre 12 y 15 años de edad).

Dichas propuestas de enseñanza se caracterizaron por:

a) Presentar inicialmente actividades que permitieran comenzar el proceso de enseñanza y el de aprendizaje con el abordaje de fenómenos cotidianos y sencillos, factibles de ser explicados a partir de las ideas de los alumnos. Esto tuvo como objetivo, asegurar una instancia donde los estudiantes pudieran hacer explícitas sus concepciones y reconocer sus características y naturaleza, ya que éstas constituyen el punto de partida de la construcción de nuevas ideas.

b) Incorporar paulatinamente el estudio de fenómenos de complejidad creciente, que permitan a los alumnos reconocer la existencia de múltiples variables de las cuales depende la visión y percepción del color (luz; objeto; sistema visual) y estudiar los procesos de interacción que se producen entre

ellas (luz – objeto: absorción, reflexión difusa y especular, transmisión; luz reflejada – sistema visual: activación selectiva de células fotosensibles; percepción).

c) Incorporar hacia el final de la instrucción el abordaje de situaciones problemáticas que conlleven a atender a todas las variables e interacciones que la ciencia propone para explicar los fenómenos analizados. Esta instancia tuvo como objetivo ayudar a los estudiantes a integrar las distintas variables y procesos estudiados en un único y sistémico modelo: el de la ciencia escolar.

d) Presentar una selección de contenidos que atienda a las características de la naturaleza del conocimiento intuitivo y del científico (descriptas en las tablas 1 y 2), a las prescripciones curriculares (D.G.C.E.a, 1999; D.G.C.E.b, 1999) y al tipo de aprendizaje que se desea potenciar (entendido como cambio ontológico, epistemológico y conceptual). Así también se tuvieron en cuenta las capacidades cognitivas de los alumnos, lo que permite delimitar la profundidad en el abordaje de los distintos contenidos propuestos. En tal sentido, Shayer y Adey (1984) realizan una minuciosa descripción de diferentes aspectos del desarrollo del niño y la manera en que los mismos interaccionan con el mundo para poder interpretarlo. A partir de ello, se puede concluir que los niños de edades comprendidas entre los 9 y 11 años son capaces de poder “ir más allá” de lo que dictan sus sentidos a la hora de interpretar su entorno, y pueden comenzar a hacer uso de modelos más abstractos para explicar el fenómeno analizado. Los jóvenes cuyas edades se encuentran entre los 12 y 14 años, podrían utilizar modelos con mayor grado de abstracción y hasta llegar a comparar y gestionar modelos alternativos (atendiendo por ejemplo a la validez y campo de aplicación de cada uno).

e) Proponer un abordaje interrelacionado y recurrente de los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales), que permita a los estudiantes interpretar los fenómenos de la visión y el color en contextos de situaciones cotidianas haciendo uso de modelos, modos de hacer y actuar cada vez más coherentes con lo propuesto por las ciencias.

f) Secuenciar los contenidos intentando favorecer la elaboración de explicaciones cada vez más complejas, lo que implica atender a un mayor número de variables y relaciones entre ellas. Así se guió y orientó la instrucción hacia la construcción y utilización de un modelo coherente con el científico acerca de la visión, el cual se fue complejizando a medida que los alumnos avanzaban en los distintos niveles educativos, para llegar a la formulación de un modelo cualitativo respecto a la naturaleza y percepción del color, coherente con el propuesto por la ciencia.

El desarrollo de la propuesta comenzó cuando los alumnos se hallaban cursando 4° año de Educación Primaria (8 – 9 años de edad). En ese momento se apuntó a que los estudiantes comenzaran a reconocer las variables de las que depende el proceso de visión (luz, objetos y ojos) y a analizar fenómenos asociados con la naturaleza de la luz (fuente, propagación) y con su interacción con los distintos objetos (lo que permite calificarlos en opacos, transparentes, espejados).

Cuando los estudiantes cursaban 5° año de Educación Primaria (9 – 10 años de edad) se continuó con el estudio de los fenómenos que ocurren cuando la luz incide en distintos cuerpos, abordándose principalmente la reflexión difusa. A partir de ello y del reconocimiento de los elementos implicados en la visión, se comienza a guiar la construcción de un modelo respecto de cómo vemos que implica considerar que para que dicho proceso ocurra, “la luz reflejada por los objetos debe incidir en el ojo del observador”, ya que el sistema visual “funciona cuando la luz ingresa a él”. Se comenzó a estudiar también en este momento las variables de las que depende la percepción del color, lo que llevó a analizar: las características espectrales de la luz blanca (como composición de luces “coloreadas”) y los procesos de absorción, transmisión y reflexión selectiva (guiando la atención de los alumnos a que los cuerpos que vemos de distintos colores reflejan luz con distintas características).

Cuando los alumnos se hallaban cursando 6° año de Educación Primaria (10 – 11 años de edad), fin de este nivel educativo, no se realizó intervención sino que se evaluó el tipo de idea que utilizaban para explicar los fenómenos de visión y percepción del color, una vez transcurrido un año desde la última intervención. La importancia de esta instancia radica en que permitió evaluar la significatividad del aprendizaje experimentado hasta el momento, al analizar si los estudiantes podían usar ideas coherentes con las analizadas en clase o recurrían a sus iniciales ideas intuitivas.

Cuando los estudiantes ingresaron a primer año de Educación Secundaria Obligatoria (12 – 13 años de edad) se abordó nuevamente el modelo de visión compartido en el nivel educativo anterior y se apuntó a la enseñanza del proceso de percepción del color, intentando guiar a los estudiantes en la comprensión del mismo como un proceso perceptivo que se podía explicar complejizando el modelo de visión compartido hasta el momento (al atender a las características espectrales de las luces y a la visión cromática). Se estudiaron entonces con mayor complejidad que hasta el momento, los procesos de absorción y reflexión selectiva y se comenzó con el estudio del funcionamiento del sistema visual en relación a la percepción del color. Al año siguiente, con los mismos estudiantes se retomó el estudio de los procesos que se producen cuando la luz interacciona con los objetos, que permiten explicar por qué se los percibe de distintos colores. Se abordó en relación a ello el comportamiento físico de filtros y pigmentos. Se realizó (explícitamente y de manera más completa y compleja) el estudio del funcionamiento del sistema visual, puntualmente en relación con la visión cromática.

Finalmente, cuando los alumnos se hallaban cursando 3° año de Educación Secundaria (14-15 años de edad), fin de este nivel educativo, sólo se trabajó en la evaluación del tipo de idea que utilizaban para explicar los fenómenos de visión y percepción del color, una vez transcurrido un año desde la última intervención.

Para cada etapa de las descritas se diseñaron e implementaron diversas actividades las cuales comprometieron tanto a alumnos como a docente e implicaron trabajos individuales y grupales; actividades de lápiz y papel (test,

cuestionarios de problemas) y experimentales (Bravo, Braunmüller y Rocha; 2005).

Los docentes responsables de la enseñanza fueron los maestros y profesores encargados del curso en cada momento, con quienes se concretaron instancias de trabajo conjunto previo a la implementación de las propuestas diseñadas. Durante estos encuentros se discutieron las bases científico – didácticas que subyacen a la propuesta y se guió a los docentes a reflexionar críticamente sobre sus propias concepciones.

Durante la implementación de la propuesta también se realizaron encuentros periódicos tendientes a trabajar en pos de que los docentes se “conviertan” en guías del aprendizaje de los estudiantes. Esto implica no sólo que se ocupen de la enseñanza de las ideas de la ciencia escolar, sino también de despertar el interés y la curiosidad de los alumnos, atendiendo siempre a sus ideas a fin de ayudarlos a construir otras nuevas, a aprender a aplicarlas en distintos contextos y a ser conscientes de cómo van cambiando y por ende del aprendizaje que van experimentado. Para ello, durante dichas reuniones se discutieron y analizaron no sólo las ideas que iban utilizando los alumnos sino también el propio accionar docente, dejando en evidencia aquellos aspectos que habrían ayudado positivamente a los estudiantes en la interpretación de los modelos propuestos, como así también los que deberían retomarse, profundizarse y/o rectificarse.

Metodología de la investigación

Con el grupo de alumnos a quién se dirigió la propuesta de enseñanza antes descrita, se llevó a cabo un trabajo de investigación longitudinal y exploratorio. Se realizó un seguimiento continuo del modo de conocer de estos estudiantes durante seis años de su instrucción formal (tres de educación primaria y tres de educación secundaria).

Se realizó un estudio de caso sobre un diseño cuasi-experimental (sin grupo de control) de tipo pretest – posttest (para cada intervención) y posttest demora (al finalizar la Educación Primaria y la Educación Secundaria Obligatoria).

Para realizar una descripción y caracterización del modo de conocer de los alumnos, se realiza un análisis minucioso de sus respuestas escritas a las problemáticas planteadas en las distintas instancias de recolección de datos. Se evalúan las repuestas en términos de las variables (luz – objeto – sistema visual) e interacciones (luz – objeto: absorción, reflexión; luz – sistema visual; percepción) a las que los estudiantes atienden explícitamente en cada momento. A partir de allí se confecciona para cada alumno un esquema conceptual a fin de representar el modelo explicativo compartido. Dado que los estudiantes no siempre utilizan en una tarea el mismo modo de conocer para explicar los fenómenos, se considera que comparten aquel modelo que utilizan en al menos el 60% de los problemas planteados.

Se aplica en este trabajo una metodología cualitativa, dado que en esa etapa se buscó la detección de características relevantes de las ideas de los alumnos con los que se trabajó.

Resultados

Al analizar los resultados hallados a lo largo de todo el trabajo de investigación se pudieron detectar los modelos explicativos que son usados por los estudiantes con mayor frecuencia al explicar la visión y el color.

Respecto al proceso de la visión se observa que antes de comenzar la instrucción, y en concordancia con lo hallado por otros autores como Driver, Guesne y Tiberghien (1998) y Osborne y Black (1993), los estudiantes tienden a explicar principalmente que: "Vemos porque tenemos ojos y miramos"

Es decir que utilizan un modo de razonar netamente monoconceptual, donde la única variable que explícitamente se reconoce son los ojos y la necesidad de que estén sanos, abiertos y mirando hacia el objeto.

Conforme avanzó la instrucción, se observó que los alumnos comenzaron a reconocer explícitamente otra variable: la luz, a la cual se le atribuye un rol específico en el proceso de ver: el de iluminar.

Así explicaron que: "Vemos porque miramos y la luz ilumina el objeto".

Pero junto a este modo de explicar se observa otro, alternativo, donde la función que se le otorga a la luz proveniente de la fuente, no es sólo la de iluminar el objeto, sino la de ingresar al ojo del observador (Bravo, 2002). En esta concepción entonces, la luz también cumple un rol primordial pero incorrecto desde el saber de la ciencia. No obstante sería un modelo que comenzaría a atender a la necesidad de que la radiación lumínica incida en el ojo para poder ver, aunque todavía no se conciba que la misma debe provenir del objeto y no de la fuente. Vale aclarar que cuando se detectó este modelo, era compartido por un número muy bajo de alumnos, y además el mismo no perduró a lo largo del tiempo. Se detectó en 5° año y luego prácticamente no se lo volvió a observar como posible manera de explicar cómo vemos.

Una vez analizadas en clase las ideas de la ciencia, y con ello la interacción luz – objetos (reflexión difusa y absorción) y la interacción luz – sistema visual (percepción), comenzaron a aparecer modelos coherentes con los de la ciencia escolar.

Así se observó que varios alumnos, a lo largo de la instrucción longitudinal (lo que da cuenta de la "robustez" y permanencia de este modelo) explicaron que: "Para ver, la luz debe incidir en el objeto y reflejarse" (Braunmüller, Bravo y Rocha, 2003a; Braunmüller, Bravo y Rocha, 2003b).

Se reconocen desde este modelo las interacciones entre la luz y la materia como causa de la percepción, en tanto se otorga un papel más pasivo al sistema visual: el de mirar. Esta idea resulta coherente con la propuesta por la ciencia escolar pero incompleta respecto de ella.

Finalmente se observó que conforme avanzó la instrucción, la mayoría de los estudiantes llegó a explicar que: "Vemos porque la luz reflejada por los objetos incide en el ojo del observador" (Bravo y Pesa, 2005).

Desde esta concepción se reconoce que la luz reflejada por el objeto es el estímulo externo que conduce, al incidir en el ojo, a la visión. Se utilizan así modelos abstractos y coherentes con los de la ciencia escolar para interpretar y explicar este fenómeno.

Haciendo un análisis análogo al anterior en relación al proceso de percepción del color, se observó que inicialmente los alumnos lo conciben como una propiedad de la materia (Bravo, 2002; Bravo y Rocha, 2004). Así, desde el saber intuitivo explican que: "Vemos un objeto rojo porque está hecho o pintado de ese color".

Desde esta idea netamente monoconceptual se concibe que el único elemento implicado en la percepción del color es el objeto, ya que él "posee" dicha característica.

Conforme avanzó la instrucción, los alumnos comenzaron a reconocer a la luz como una de las variables involucradas en este proceso perceptivo y entonces aparecieron modelos producto de la escolarización, algunos de ellos adecuados en el contexto de la ciencia escolar y otros no.

Así por ejemplo se observó como posible la explicación que implica concebir que: "Vemos un objeto rojo porque de todas las luces que componen a la luz blanca la que más le llega es la roja" (Bravo y Rocha, 2004).

Este modelo, indudablemente es producto de la escolarización ya que en él se reconoce a la luz blanca como una "mezcla de luces coloreadas", y se le atribuye a la radiación (y ya no al objeto) "la causa" del color. Esta concepción, que resulta incorrecta en función de lo propuesto por la ciencia, aparece a fines de la educación primaria, deja de aparecer al comienzo de la secundaria y fue compartida por un bajo número de alumnos.

Algo similar ocurrió con otro modelo, también producto de la escolarización e "incorrecto" en el contexto de las ciencias, que implica explicar que: "Vemos un objeto rojo porque de todas las luces que componen a la luz blanca e inciden en él, absorbe la roja" (Bravo y Rocha, 2004).

Este modo de interpretar el fenómeno es mucho más complejo que el anterior, dado que atiende a las interacciones que se dan entre la luz y la materia, puntualmente al proceso de absorción (además de concebirse a la luz blanca como una composición de luces). Pero no sólo resulta incompleto (ya que no se le atribuye al sistema visual un rol activo en el proceso de percepción del color) sino que también es inadecuado ya que se asume que el color queda determinado por las características de la luz absorbida por el cuerpo.

El tercer modelo explicativo hallado, de características similares al anterior, resultó incompleto pero no incorrecto ya que con él se concibe que el color depende de las características de la luz reflejada por los objetos (Braunmüller,

Bravo y Rocha, 2003a; Braunmüller, Bravo y Rocha, 2003b; Bravo y Pesa, 2005). Así, haciendo uso del mismo se explica que: "Vemos un objeto rojo porque de todas las luces que componen a la luz blanca e inciden en él, refleja la roja".

Desde esta concepción se reconocen las "no intuitivas e invisibles" interacciones que se producen entre la luz y la materia, las cuales son explicadas en función de modelos abstractos coherentes con los de la ciencia escolar. Se considera entonces a este modo de conocer como una base conceptual óptima para, a partir del reconocimiento del rol indispensable y activo del sistema visual, construir el modelo de la ciencia escolar.

Este modelo explicativo, a diferencia de los dos anteriormente descritos, fue compartido por un alto porcentaje de alumnos y en distintos momentos de la enseñanza, aún al final de la misma.

Al igual que lo hallado al estudiar las ideas de los alumnos en relación al proceso de visión, se observó que conforme avanzó la instrucción la mayoría de los estudiantes llegó a compartir el modelo de la ciencia escolar en relación al color (Bravo y Pesa; 2005) explicando así que: "Vemos un objeto rojo porque de todos las luces (que conforman la blanca) que llegan a él, refleja la luz roja que, al llegar a los ojos del observador, hace que lo vea rojo".

A partir de esta idea, no sólo se reconoce y explica el proceso de reflexión selectiva, sino que se concibe al color como una percepción que se produce cuando la luz estimula el sistema visual del observador.

Análisis de resultados y conclusiones

El análisis realizado con antelación nos permite definir cuatro maneras diferentes de explicar la visión y la percepción del color (Bravo, Pesa y Pozo, 2005; Bravo, Cocconi, Pesa y Pozo, 2006) que hemos agrupado en cuatro categorías.

Las categorías I y II involucran ideas intuitivas construidas en base al sentido común y la experiencia cotidiana. Las categorías III y IV, en tanto, involucran ideas coherentes con las de la ciencia escolar.

Cada categoría comprende un modo de explicar los fenómenos perceptivos que hemos caracterizadas no sólo por el modelo subyacente, y con ello por los elementos que se consideran involucrados en los procesos perceptivos y las funciones e interacciones que se les reconocen, sino también por las características ontológicas, epistemológicas y conceptuales y los modos de razonamiento asociados a su uso.

En la tabla 3 se describen y ejemplifican cada una de las categorías mencionadas.

A la categoría I subyace una idea netamente intuitiva, donde solo se reconoce a los ojos como elemento indispensable y suficiente para ver, en tanto el color se reduce a ser una propiedad del objeto. Esta concepción, construida en base a la experiencia cotidiana, se caracteriza por estar basadas

en principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales propios del saber intuitivo (hecho o dato, estados, realismo ingenuo) cuyo uso conlleva a razonar en términos reduccionista, mono variados y no sistémicos.

A la categoría II en tanto, subyace una idea también intuitiva pero más compleja que la anterior, ya que se reconoce explícitamente la importancia de la luz en los procesos perceptivos, concibiéndose de manera reduccionista que para ver, el observador debe mirar el objeto y la luz iluminarlo; en tanto se explica que el color (que no deja de considerárselo como propio del objeto), puede cambiar si cambia la luz con que se lo ilumina. Este modo de conocer está caracterizado por principios ontológicos de estado y conceptuales de causalidad lineal simple, en tanto el realismo ingenuo que a él subyace, sigue conllevando a asumir que "las cosas son como nuestros sentidos nos lo indican".

La categoría III involucra una idea producto de la escolarización que resulta incompleta pero no incorrecta en el contexto de la ciencia escolar. Esto dado que se asume que vemos porque el objeto refleja parte de la luz que incide en él y que el color depende exclusivamente de las características espectrales de dicha radiación reflejada. Estos modelos abstractos son coherentes con los propuestos por la ciencia, por lo que se considera a esta concepción correcta y escolarizada. A su vez, subyace un modo de conocer basado en procesos y causalidades lineales múltiples más coherentes con el saber de la ciencia que con uno intuitivo. Los modos de razonar implicados, en tanto, son plurivariados y no reduccionistas (aunque tampoco llegan a ser sistémicos como los de la ciencia escolar). Pero, el sistema visual cumple desde esta perspectiva un rol pasivo, el de mirar lo que ocurre "fuera" de él (por ello se considera incompleta a esta concepción).

Finalmente a la categoría IV subyace la concepción que se espera construyan los alumnos de educación secundaria obligatoria como consecuencia de la instrucción. Esta idea implica reconocer a los tres elementos involucrados en los procesos perceptivos (luz, sistema visual y objetos) y las múltiples y complejas interacciones que entre ellos se establecen (absorción, reflexión, transmisión selectiva, percepción). Si bien la explicación hoy compartida en el seno de la ciencia es más compleja que la propuesta aquí, se considera (por ser la más coherente con ella y por atender a las variables e interacciones mencionadas) que subyacen principios de sistema, interacción y que su construcción conlleva la superación de un realismo ingenuo, en tanto se utilizan los modelos abstractos propuestos por los de la ciencia escolar. A su vez los modos de razonamiento asociados, coherentes con los utilizados por la ciencia, se caracterizan por ser plurivariados, no reduccionistas y sistémicos.

Haciéndose un análisis más global de los modos de conocer descritos, se puede observar que las ideas subyacentes a las categorías I y II son de naturaleza intuitivas, en tanto las subyacentes a las categorías III y IV resultan coherentes con las de la ciencia escolar.

Categoría I: ideas netamente intuitivas

Caracterización de la concepción: Se reconocen parcialmente los elementos implicados en la visión (luz, objetos, ojos), no se reconocen interacciones entre ellos. Se explican los fenómenos perceptivos en función de hechos observables y de la información aportada directamente por los sentidos. Principio subyacente: Estado – Hecho o dato – Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista, monoconceptual, no sistémico. Ejemplos: Vemos los objetos porque los miramos – Se ven objetos de distintos colores porque fueron pintados de esa manera.

Categoría II: ideas intuitivas

Caracterización de la concepción: Se reconocimiento relaciones causales lineales entre variables. Se otorga un papel pasivo al sistema visual y al objeto y se reconoce la necesidad de que la luz ilumine el objeto para poder verlo. Al color se lo concibe como consecuencia de las características de la luz incidente. Principio subyacente: Causalidad Lineal Simple – Estado – Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista no sistémico. Ejemplos: Vemos porque la luz ilumina al objeto y lo miramos – Si iluminamos a un objeto con luz roja lo veremos rojo

Categoría III: ideas “correctas” pero incompletas

Caracterización de la concepción: Se reconocen las interacciones entre la luz y la materia como causa de la percepción, en tanto se da un papel más pasivo al sistema visual (el de mirar). Se utilizan ideas incompletas pero correctas en el contexto de la ciencia escolar. Principio subyacente: Causalidad Lineal Múltiple – Proceso – Proceso de superación del realismo ingenuo. Razonamiento pluri conceptual no sistémico. Ejemplos: Vemos un objeto porque lo miramos y refleja parte de la luz que lo iluminó - Un objeto se ve rojo porque refleja luz roja y absorbe las demás componentes de la luz incidente.

Categoría IV: ideas de la ciencia escolar

Caracterización de la concepción: Se reconocen las interacciones luz – objeto (absorción y reflexión) y luz reflejada – sistema visual (percepción). Se utilizan modelos abstractos para interpretar y explicar los fenómenos perceptivos. Principio subyacente: Sistema – Interacción – Superación del realismo ingenuo. Razonamiento sistémico, pluri-variado, no reduccionista. Ejemplos: Vemos porque la luz reflejada por los objetos incide en el ojo y estimula el sistema visual produciéndose complejos procesos que conducen a la visión – Se ven objetos de distintos colores porque absorben y reflejan luz con distintas características. Según las características espectrales de la luz que incide en el ojo, se llevan a cabo determinados procesos en el sistema visual que conducen a la percepción de un color.

Tabla 3.- Caracterización y ejemplificación de los modos de conocer coherentes con los de la ciencia.

Aprender el modo de conocer de la ciencias en relación a la visión y el color, entonces, conllevaría la superación paulatinamente de los principios ontológicos y conceptuales de estado y hecho - dato y causalidades lineales simples que subyacen al saber intuitivo (subyacentes a las categorías I y II). Aprender el modo de conocer de la ciencia implicaría comenzar a compartir las ideas involucradas en las categorías III y IV, que conducen al reconocimiento de múltiples variables y complejos procesos de interacciones al explicar los

fenómenos, como así también la superación del realismo ingenuo que conlleva a asumir que “lo que no se percibe no se concibe”.

Pero el aprendizaje del saber de la ciencia en relación a la visión y en relación al color, no implican la misma complejidad conceptual para quien aprende. Resultaría mucho más difícil la comprensión del modelo que la ciencia propone para interpretar la percepción del color, no sólo por el alto grado de abstracción y complejidad que involucra, sino porque presenta múltiples aspectos contra-intuitivos (más aún de los que presenta el modelo propuesto para explicar la visión).

En tal sentido, desde el saber intuitivo se tiende a explicar que para ver basta con que la luz ilumine el objeto y el observador dirija hacia él su mirada. Se concibe que son los ojos los principales elementos involucrados en el proceso de la visión, ya que “si no funcionan bien” no se verá nada (Bertelle y otros, 1998). En un segundo plano se reconoce la importancia de la radiación en tanto se concibe que es necesaria porque “sin luz no se ve con claridad” o porque “los ojos solo captan la imagen de los objetos iluminados”. A los objetos, en tanto, no se le atribuye otra función que la de “estar en el campo visual del observador” (Bravo, 2002). Esto es, se concibe que son necesarios porque si no estuviesen no habría nada que ver.

Esta concepción intuitiva se halla ontológica, epistemológica y conceptualmente distante de la científica, desde la cual se explica, con modelos abstractos, la interacción entre la luz y los objetos y entre la luz y el sistema visual. Pero consideramos que el aspecto más contra-intuitivo de la explicación que ésta propone radica en la estimulación del sistema visual por parte de la luz reflejada por los objetos. Como se dijo, desde el saber cotidiano se otorga a los ojos el rol de mirar, concibiéndose que basta con dirigir la mirada hacia el objeto iluminado para poder verlo (Galili y Hazan, 2000; Driver, Guesne y Tiberghien 1998; Selley, 1996). En tal sentido, los niños más pequeños suelen asumir que “algo sale de los ojos para poder ver los objetos”. Asumir que es la luz reflejada por los cuerpos iluminados la que debe incidir en el sistema visual para estimularlo, es el aspecto cuya comprensión y aceptación más dificultades presentaría. Menor grado de complejidad implicaría la interacción que se da entre la luz y la materia, dado que la misma no iría en contra de algo que intuitivamente se concebía sino que ampliaría la concepción compartida desde el saber cotidiano. Esto es, desde este contexto el objeto no cumple un rol específico, más que el de “estar” físicamente ante el observador. La explicación científica ampliaría esta idea al atender a las interacciones y procesos físicos que se producen entre él y la luz (fenómenos de absorción y reflexión).

Pero en lo que respecta al proceso del color, no sólo es contra-intuitiva la interacción luz – sistema visual, sino también lo es el rol y la importancia que en uno y otro contexto (científico y cotidiano) se le asigna al objeto.

Así, desde el saber intuitivo es clara y terminante la función del cuerpo observado: “contener el color”, ya que el mismo es una “propiedad de la materia” (Salinas de Sandoval y Sandoval, 1996). Esta concepción no sólo está

apoyada por la experiencia cotidiana (donde se observa que se puede cambiar el color de un objeto pintándolo) y en el vocabulario utilizado a diario (la principal "característica" que indicamos de un objeto para identificarlo suele ser "su color") sino también que durante la escolarización suele definirse como una propiedad intensiva de la materia, tal como lo proponen los propios documentos curriculares (D.G.C.E.b, 1999). Desde la ciencia, en cambio, se concibe al color como un fenómeno de percepción visual, interpretándose que el color que vemos dependerá de las características espectrales de la luz con que se ilumine el objeto, de la composición química del pigmento que éste posea, de las características de la luz reflejada y absorbida y de las del sistema visual del observador.

Construir el modelo de la ciencia, entonces, implica superar los elementos contra-intuitivos que propone respecto del rol de la luz, de los objetos y del sistema visual. Es por ello que se considera ontológica, epistemológica y conceptualmente más distante el saber intuitivo del científico en relación a este fenómeno que en relación al proceso de visión y por ende mayor complejidad implicaría su construcción.

Sería esperable, entonces, que los estudiantes requieran de tiempo y múltiples instancias didácticas para pasar de concebir el fenómeno del color en términos de las ideas agrupadas en las categorías I y/o II (ideas generalmente compartidas por los alumnos antes de la instrucción) a concebirlo en términos de las ideas subyacentes en las categorías III y/o IV (que se espera construyan con la educación formal).

Finalmente queremos rescatar aquí que el paso de las ideas intuitivas a otras coherentes con las ciencias (ya sea las de la ciencia escolar o aquellas correctas pero incompletas) implica mucho más que interpretar un concepto, una ley o un modelo. Implica un cambio en los principios implícitos que guían inadvertidamente la manera en que se interpretan, concibe, explican los fenómenos. Es por ello que proponemos (y tal como lo hemos realizado en este trabajo) el abordaje gradual y paulatino de estas temáticas desde el comienzo de la educación formal y a lo largo de toda la educación obligatoria. De esta manera se le otorgará a los alumnos tiempo y múltiples instancias para aprender el modo de conocer de la ciencia y aprender a aprenderlo; habilidad más que necesaria hoy en la medida en que la nueva sociedad de la información exige de todos nosotros "una cultura del aprendizaje basada no tanto en la aceptación de saberes establecidos y recibidos desde fuera, cuanto en la construcción de una propia mirada, de un saber propio, a partir de saberes múltiples" (Pozo, 2007).

Referencias bibliográficas

Bertelle, A., Bravo, B., Iturralde, C., y Rocha, A. (2000). *Enseñanza – Aprendizaje de las Ciencias. Un compromiso compartido*. Buenos Aires: Consejo Editorial de la Universidad Nacional del Centro.

Bravo, B. (2002). *Aprendiendo sobre la luz y el color. Un estudio longitudinal en E.G.B. 2 y 3*. Trabajo Final Especialización en Enseñanza de las Ciencias Experimentales (sin publicar). Facultad de Ingeniería. UNCPBA.

Bravo, B. y Rocha, A. (2004). Aprendiendo sobre la luz y el color en Segundo Ciclo de Educación General Básica (E.G.B.). *Journal of Science Education. Revista de Educación en Ciencias*. Colombia. 5, 1, 43-46.

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 Investigaciones*, 10, 3. (http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n3/v10_n3_a3.html)

Bravo, B., Pesa M. y Pozo J.I. (2005). Concepciones acerca de la visión y el color. Diseño y evaluación de un Test de respuestas múltiples. *Memorias de la REF XIV (formato CD)*. (Argentina).

Bravo B., Cocconi M., Pesa, M. y Pozo J.I. (2006). Estudio de concepciones usadas por alumnos de educación secundaria obligatorio para explicar fenómenos de percepción visual. *Memorias del SIEF VIII (formato CD)* (Argentina).

Braunmüller M., Bravo, B. y Rocha, A. (2003a). Aprendiendo acerca del color en 3° ciclo de E.G.B. Los principios conceptuales que subyacen a las ideas de los alumnos. *Memorias III Congreso Nacional y I Internacional de Investigación Educativa "Laberintos y encrucijadas"(formato CD)* (Argentina).

Braunmüller M., Bravo, B. y Rocha, A. (2003b). Aprendiendo acerca del color en 3° ciclo de E.G.B. Los principios ontológicos que subyacen a las ideas de los alumnos. *Memorias REF XIII (formato CD)*. (Argentina) .

DGEDa (Dirección General de Cultura y Educación) (1999). *Marco General*. Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires (<http://abc.gov.ar>).

DGEDb (Dirección General de Cultura y Educación) (1999). *Inicial - EGB Tomo I y II*. Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. (<http://abc.gov.ar>)

Flak, F., Brill, D. y Stork, D. (1990). *Seeing the Light. Optics in nature, photography color, vision and holography*. London: Harper & Road.

Galili I. y Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*. 22, 1, 57 - 88.

Gregory R. (1990). *Eye and Brain. The psychology of Seeing*. London: Weidenfeld and Necolson PRSA.

Driver, E. Guesne,R y Tiberghien,D (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.

Monserrat, J. (1998). *La percepción visual. La arquitectura del psiquismo desde el enfoque de la percepción visual*. Madrid: Biblioteca Nueva.

Osborne, J. y Black, P. (1993). Young children's (7-11) about light and their development. *International Journal of Science Education* 15, 1, 83-93.

Pozo J.I. (2001). *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. (2007). ¿Qué puede aportar la educación científica a la mejora de la actividad mental de los alumnos? En: J.M. Sánchez (Ed.) *Iniciación a la cultura científica: la formación de maestros*. (pp. 126–140) Madrid: Machado libros.

Pozo J.I. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

Salinas de Sandoval, J. y Sandoval, J. (1996). Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes. *Revista Enseñanza de Física*. 10, 2, 32–34.

Selley, N. (1996). Towards a phenomenography of light and vision. *International Journal of Science Education* 18, 7, 837–846.

Shayer, M. y Adey, P. (1984). *La ciencia de enseñar ciencia*. Madrid: Narcea.

Viennot, L. (2002). *Razonar en física. La contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado libros.