

CONCEPCIONES DE ALUMNOS (14 – 15 AÑOS) DE EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA SOBRE LA NATURALEZA Y PERCEPCIÓN DEL COLOR
(Students conceptions of Basic General Education (14 – 15 years old) about the nature and perception of color)

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

Dpto. Cs. Básicas – Fac. de Ingeniería - Univ. Nac. Centro Prov. Buenos Aires
Av. Del Valle 5737 – Olavarría, Buenos Aires, Argentina

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

Dpto. de Física – Fac. de Ciencia Exactas y Tec. – Univ. Nac. de Tucumán
Av. Independencia 1800 - (4000) Tucumán, Argentina

Resumen

Se analizan las ideas de un grupo de alumnos (14- 15 años de edad) de Educación General Básica sobre la naturaleza y percepción del color, luego de haber participado de propuestas didácticas que abordaron esta temática desde que ingresaron al segundo ciclo. Estas ideas se caracterizan según los principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos subyacentes, como así también en función de los esquemas de razonamiento que llevan asociados. Se evalúa la consistencia y coherencia de las respuestas dadas por estos alumnos a un test de respuestas múltiples y un cuestionario de problemas abiertos. Se halló que la mayoría de los estudiantes presentan una idea acerca del color coherente con la de la ciencia escolar, resultando sus respuestas consistentes al resolver situaciones problemáticas, con explicaciones que relacionan correctamente un número importante de variables.

Palabras-claves aprendizaje color; modos de razonar; cambio conceptual, epistemológico y ontológico

Abstract

The ideas of a group of ninth grade Basic General Education students are analyzed. (14 – 15 years old). The mentioned ideas are related to nature and perception of colour. This was possible after having – the students – participated in didactic proposals that approached the referred theme, once they achieved the entrance to Second Cycle. These ideas are characterized according to underlying ontological, conceptual and epistemological principles, as well as in relation to reasoning schemes associated with them. The consistence and coherence of the responses given by these students to a multiple choice test, and a questionnaire containing open problems, are evaluated. Most of the students present ideas about colour coherent with science, being able to develop explanations that relate an important number of variables, properly.

Keywords: learning about colors; ways of reasoning; conceptual epistemological and ontological change.

Introducción

Existe hoy un consenso acerca de que las ideas que presentan los alumnos previas a la instrucción, es uno de los factores que influyen directamente en el aprendizaje de concepciones científicas (Pozo 2001, Moreira 2000). En efecto, las investigaciones educativas han mostrado que los principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales que a ellas

subyacen, guían de manera implícita (Mortimer 2000, Pozo y Gómez Crespo 1998) la construcción del conocimiento y la atribución de significados a los conceptos.

Desde el punto de vista ontológico, Chi (1992) propone que todas las personas clasifican los objetos del mundo en distintas categorías ontológicas, que tienen sus propios atributos o propiedades determinadas, mediante las cuales se interpreta el mundo. Estas son: Materia, Procesos y Estados Mentales. Cada vez que nos enfrentamos a un objeto, hecho o fenómeno “nuevo”, lo categorizamos ontológicamente atribuyéndole una serie de características propias de la categoría a la cual lo hemos asignado. Estos procesos son en gran medida implícitos y ayudan a hacer el mundo más controlable y predecible (Pozo y Gómez Crespo 1998).

Por otra parte, desde la epistemología contemporánea, se asume que los modelos y teorías científicos son una construcción social, que no son la realidad misma, sino una manera más de interpretar el mundo, una forma de hablar o contar las cosas que suceden. El modelo sería una representación provisoria, perfectible e idealizada de un fenómeno físico o sistema; un cierto sistema real se concibe como plausible de ser representado por más de un modelo. En tal sentido, la preferencia por uno de ellos estaría determinada por factores tales como los propósitos del estudio, el problema a resolver, las condiciones de precisión exigidas y por las condiciones de su realización (Islas y Pesa 2002).

El conocimiento intuitivo en cambio, asume de forma implícita que el mundo es tal como aparece ante nuestros sentidos: “es como lo vemos”. Superar esta “transparencia representacional”, no solo implicará asumir que las representaciones no son la realidad misma, sino también que existen maneras alternativas de interpretar y explicar los fenómenos que suceden. Esta diferencia entre la manera de percibir y conocer el mundo, se convierte en un obstáculo epistemológico a la hora de aprender y enseñar ciencias.

En tal sentido, el conocimiento intuitivo está basado en métodos asociativos simples, de semejanza y contigüidad (Pozo y Gómez Crespo 1998; Piaget 1973; Pesa, Cudmani y Bravo 1996) los cuales están caracterizados por principios epistemológicos que implican un perspectivismo ingenuo, y por principios ontológicos que inducen a interpretar las propiedades y cambios en función de estados de la materia y a partir de relaciones causales simples (Viennot y Kaminski 1991). Justamente, el principal problema de los procesos de cambios conceptuales, concebidos por Chi (1992) como cambio entre categorías ontológicas, se debe a la dificultad de re-interpretar los fenómenos en términos de procesos de interacción, ya que va en “contra” de la tendencia intuitiva a interpretarlos dentro de relaciones causales lineales y unidireccionales (Pozo y Gómez Crespo 1998, Chi 1992; Villani y Pacca 1990, Viennot 1996).

La ciencia, en cambio, involucra una compleja construcción del conocimiento cuyos principios ontológicos implican interpretar las propiedades y cambios como un conjunto de sistemas complejos reconociendo relaciones de interacción y cuyos principios epistemológicos implican concebir ese conocimiento como un conjunto de modelos y múltiples representaciones explícitas que requieren ser gestionadas y utilizadas en función de la naturaleza del fenómeno, contexto o problema a resolver. Estos modelos, como ya se mencionó, representan la realidad pero no son la realidad misma.

Las características de las ideas científicas y las intuitivas, en cuanto a los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que a ellas subyacen, (Pozo 2001), se resumen en la Tabla 1.

Principios	Ideas intuitivas	Ideas pre-científicas	Ideas científicas
ontológico	Estado: interpretación del mundo en estados de la materia desconectados entre sí	Proceso: los fenómenos se interpretan como una sucesión de hechos relacionados entre sí a través de ciertos procesos.	Sistema: los fenómenos se interpretan a partir del conjunto de relaciones complejas que forman parte de un sistema
epistemológico	Realismo ingenuo: la realidad es tal como la vemos, lo que no se percibe no se concibe	Realismo interpretativo: la realidad existe y tiene sus propiedades aunque no siempre podemos conocerla directamente, pero mediante la ciencia y la técnica podemos saber como es realmente	Constructivismo: el conocimiento científico es una construcción que nos proporciona modelos alternativo para 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	Causalidad simple – múltiple: los fenómenos se explican mediante relaciones causales que evolucionan a distinto grado de complejidad.	Interacción: las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción

Tabla I: características de las ideas intuitivas, pre- científicas y científicas en función de los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales subyacentes. Extraído y adaptado de Pozo (2001)

Aprender ciencias implicaría de acuerdo a las ideas expresadas, superar los obstáculos ontológicos, epistemológicos y conceptuales subyacentes en las ideas intuitivas que influyen negativamente en la comprensión de las ideas científicas y poder discriminar entre ellas de forma consciente para explicar y resolver distintos problemas, en función del contexto y demanda de la actividad.

El aprendizaje de conceptos científicos podría caracterizarse como procesos orientados a:

- *Superar las restricciones conceptuales impuestas por las ideas construidas intuitivamente y apropiarse paulatinamente de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico*, lo que supone superar el principio de “hecho o dato”, para tender a aceptar la interacción como forma de interpretar los fenómenos.

- *Superar el realismo ingenuo, para asumir un perspectivismo que implique relacionar las ideas intuitivas con las científicas*, reconociéndolas como distintas maneras de interpretar el mundo que nos rodea, en base a las cuales se pueden elaborar explicaciones con distintos niveles de complejidad y validez contextual.

- *Superar las restricciones ontológicas impuestas por las ideas intuitivas y apropiarse de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico.*

- *Adquirir la habilidad cognitiva para discriminar entre distintas representaciones a utilizar en función de la demanda del problema y el contexto implicado.* Esto dado que, aprender ciencias no implica sólo la coexistencia de representaciones diversas o la mera suma de representaciones alternativas, sino desarrollar la habilidad de gestionarlas o controlarlas cognitivamente. Así, las ideas intuitivas podrán coexistir con las de la ciencia, pero siendo el sujeto consciente de sus contextos de uso. De hecho, esta coexistencia se da también en el conocimiento científico en cuanto la visión clásica y moderna de un mismo fenómeno no es siempre equiparable (Mortimer 2000) y se debería poder discriminar críticamente entre uno u otro modelo en función del problema que se desea resolver o el nivel de análisis que se lleve a cabo.

- *Hacer uso consciente, consistente y coherente de las representaciones conceptuales para elaborar explicaciones y predicciones.* Usar coherente y consistentemente las “nuevas” ideas para elaborar explicaciones fundamentadas, sería una habilidad más que caracterizaría una formación científica.

En síntesis, el aprendizaje no se basaría tanto en la sustitución de una representación por otra, ni sólo en la multiplicación de las representaciones que el sujeto dispone para un dominio dado, sino en un cambio referente a los principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales que subyacen en la construcción del pensamiento cotidiano. Aprender ciencias, estaría entonces relacionado con entrar en un mundo ontológica, epistemológica y conceptualmente diferente al mundo intuitivo o cotidiano. *Aprender ciencias, significaría una manera cualitativamente distinta a la cotidiana de aprender* (Mortimer 2000).

Con el objetivo de propiciar dicho aprendizaje, se han diseñado una serie de intervenciones áulicas, las cuales fueron implementadas con un grupo de alumnos de un colegio privado de la ciudad de Olavarría (Bs. As., Argentina), mientras cursaban el 2º y 3º ciclo de su Educación General Básica (E. G. B.) (esto es, desde que tenían 8 años de edad hasta los 15 años). Se abordó el tema: “visión – naturaleza y percepción de los colores” en etapas sucesivas y con distinto grado de complejidad.

Se eligió esta temática en función no sólo de su importancia científica y especial atractivo para los niños, sino también por la gran antinomia que detectamos en nuestra investigación exploratoria entre las concepciones científicas y las de sentido común, hecho que también dejan en evidencia diversos autores.

Así por ejemplo:

? Driver y otros (1989) afirman que los niños, entre 10 y 15 años, *no suelen relacionar espontáneamente el color con la luz. Para ellos es mas bien una propiedad intrínseca del objeto, independientemente de la luz.*

? Anderson, Kärqvist (1983), quienes trabajaron con niños entre 12 y 15 años, obtuvieron ante la pregunta acerca de por qué cambia el color de la luz blanca al pasar por un filtro, respuestas como las siguientes:

- *El filtro causa el cambio de color (simplemente porque el filtro es rojo, y debe ser rojo contra la pared)*

- *La luz es coloreada en el filtro (partículas de luz absorben el color rojo. Ellas son afectadas)*

- *La luz es refractada en el filtro (el rayo es torcido al atravesar el filtro y llega a ser rojo. - El filtro deja solamente pasar el rojo: transmisión selectiva de luz roja (solo la minoría).*

? Feher y Meyer (1992), por su parte, encontraron las siguientes concepciones:

- *El color de los objetos es una propiedad de los objetos que se mantiene bajo luz blanca.*
- *La luz coloreada es oscura y contiene color que puede mezclarse con el del objeto.*

De la misma manera que para la temática relativa a la naturaleza y percepción de los colores, varios trabajos de investigación revelan que los niños presentan concepciones no coherentes con las de la ciencia respecto del proceso de visión.

En tal sentido cabe señalar que según diversos autores los niños por lo general, *no reconocen un mecanismo entre la luz, los ojos y los objetos en el proceso de la visión* (Driver y otros 1989) *y relacionan en pares a los elementos involucrados:*

- *Ojos y objetos: algo sale de los ojos hacia el objeto* (Siqueira Harres 1993, Osborne y Freyberg 1991, Anderson y Kärrqvist 1983, Selley 1996); *para ver los objetos solo basta con mirar* (Osborne y Freyberg 1991); *los ojos ven el objeto; algo entra al ojo (imagen, luz, rayo de luz)* (Anderson y Kärrqvist 1983).
- *Ojos y luz: los ojos necesitan luz para ver* (Osborne y Freyberg (1991); Driver y otros, 1989; Selley 1996)
- *Luz y objetos: el objeto es visible cuando hay luz sobre él* (Selley 1996)

A su vez, *la mayoría de los alumnos no reconocen la reflexión de la luz en los objetos* (Pesa, Cudmani y Bravo 1996; Siqueira Harres 1993; Driver y otros; 1989; Pesa 1997) *ni la necesidad que ésta llegue al ojo para poder verla* (Pesa, Cudmani y Bravo 1996; Pesa 1997)

A partir de esta situación, consideramos relevante realizar un trabajo de investigación exploratorio y longitudinal, que nos permitiera estudiar las concepciones de los alumnos en las distintas etapas de instrucción (2° y 3° ciclo de EGB) cuando se guía su aprendizaje con propuestas didácticas que especialmente diseñamos.

De dicho trabajo de investigación obtuvimos resultados análogos a las de los demás autores anteriormente citados y pudimos observar también que en algunos alumnos varias de las concepciones alternativas descritas siguen presentes pese a la instrucción. Para una revisión detallada de las propuestas didácticas implementadas, metodología empleada y resultados obtenidos pueden consultarse las referencias que se indican a continuación: Bertelle y otros 2000, Bravo y Rocha 2000, Bravo 2002, Bravo y Rocha 2003, Bravo y Rocha 2004; Braünmuller y otros 2003 1a; Braünmuller y otros 2003 1b, Bravo y otros 2005.

Por todo lo expuesto, consideramos pertinente estudiar a partir de los nuevos aportes de la psicología cognitiva, las ideas explicitadas por los alumnos, a fin de interpretar la naturaleza de las mismas y las posibles causas de su “permanencia”. Surge así el presente trabajo (que se desarrolla en el marco del longitudinal exploratorio mencionado) cuyo estudio aborda las ideas acerca del color, explicitadas por el grupo de alumnos con el que se trabajó, cuando finalizan su Educación General Básica.

Propuesta didáctica

Con el objeto de iniciar la re-construcción significativa de las concepciones referidas a las temáticas de la visión y la percepción de los colores, se diseñaron e implementaron propuestas didácticas con estudiantes de 2° y 3° ciclo de E.G.B, de edades comprendidas entre los 6 y 15 años (Bravo y otros 2005)

Las propuestas estuvieron centradas en tres temáticas: *¿cómo vemos?*, *¿por qué vemos un objeto de determinado color?*, *¿por qué vemos de distinto color al objeto si cambiamos la fuente de luz, lo pintamos o lo observamos a través de filtros?* Estas tres preguntas fueron los ejes centrales para la organización de los contenidos.

A partir del análisis de las concepciones intuitivas de los niños (Bertelle y otros 2000, Bravo 2002, Brauünmuller y otros 2003, Bravo y Rocha 2004 en sus aspectos conceptuales, epistemológicos y ontológicos, se guió y orientó la instrucción hacia la construcción y utilización de un modelo científico acerca de la visión, el cual se fue complejizando a medida que los alumnos avanzaban en su educación formal, hasta llegar a la formulación de un modelo cualitativo respecto a la naturaleza y percepción del color, coherente con el propuesto por la ciencia.

Así, a lo largo de la enseñanza longitudinal implementada, se tendió a desarrollar paulatinamente contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, de manera tal que en la etapa final de dicha instrucción (esto es, cuando los alumnos cursaban 8° año de EGB, cuyas edades estaban comprendidas entre los 13 y 14 años) se abordaron los que se presentan (en forma relacionada) en la figura I.

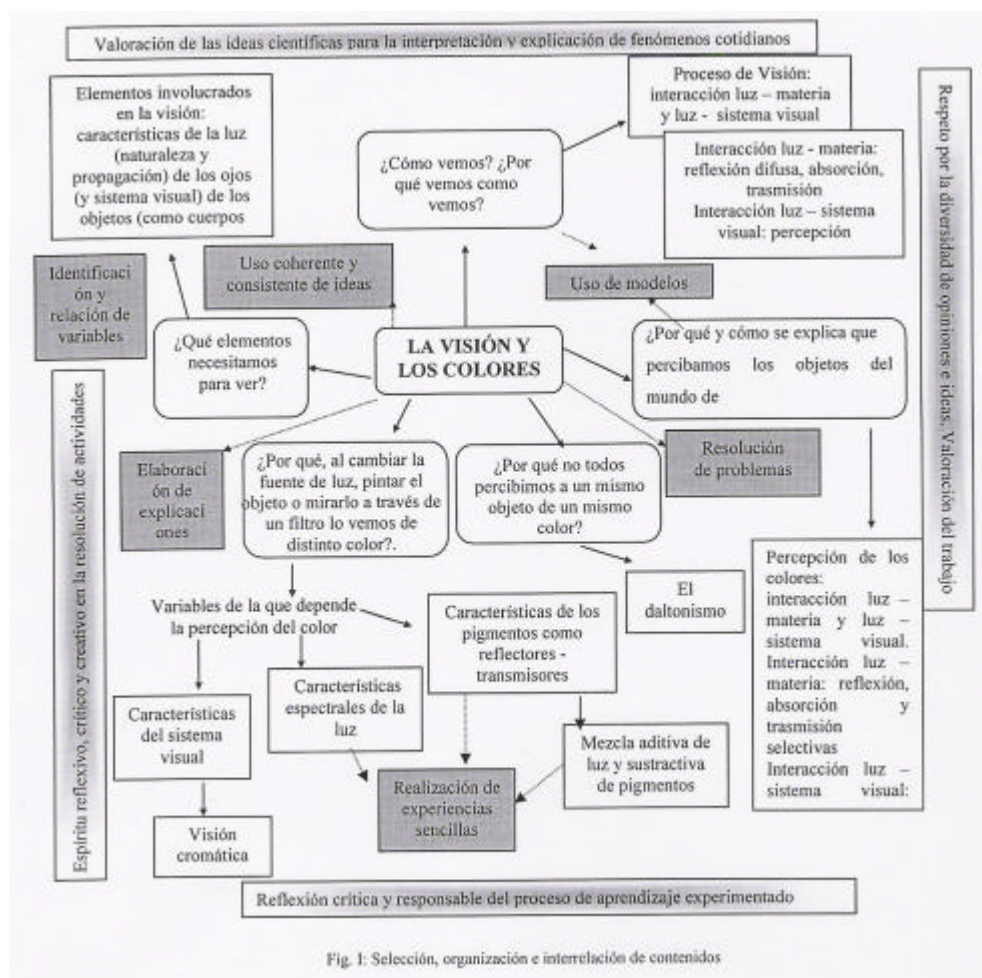


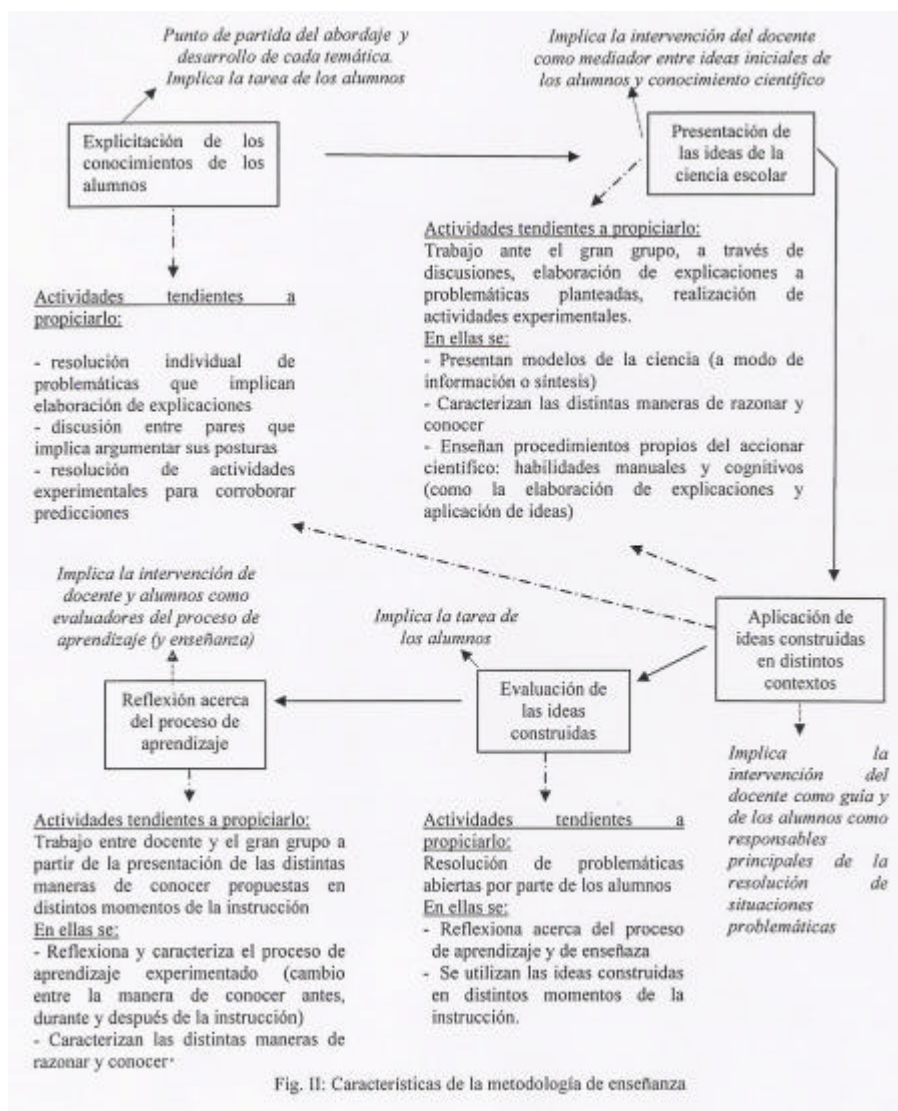
Fig. 1: Selección, organización e interrelación de contenidos

Siguiendo la secuencia de enseñanza propuesta por Sánchez Blanco y Valcárcel Pérez (1993) se diseñaron diversas actividades que estuvieron planteadas de manera de comprometer a los alumnos en un proceso reflexivo a partir de la explicitación de sus propias ideas; a resolver situaciones problemáticas abiertas y realizar pequeñas experiencias para

decidir cómo proceder, desarrollando así alguna capacidad en el hacer respaldado en las concepciones elaboradas. El docente se comportó como guía del proceso educativo intentando en todo momento despertar el interés y la curiosidad de los niños, ayudándolos a hacer explícitas sus ideas, propiciando que sean conscientes de lo que piensan, animándolos a probarlas, desarrollarlas y aplicarlas para explicar experiencias cotidianas.

Con el objetivo de atender en cada implementación didáctica, a las características y necesidades de este grupo en particular, cada intervención fue evaluada cualitativamente y se consideraron los resultados para diseñar la propuesta a implementar en el año siguiente. Con tal fin se analizaron, entre otros aspectos, las ideas y modelos explicitados por los niños, el tipo de explicaciones que elaboraban en cada etapa, la evolución de sus ideas, la capacidad de aplicarlas al resolver distintas situaciones problemáticas y el tipo de actividades que los motivaban para justificar, discutir y explicar.

En la figura II presentamos en forma esquemática, los aspectos más relevantes que caracterizan la metodología de enseñanza propuesta.



Como ya se señaló, este trabajo recoge los resultados finales de la investigación realizada. Esto es, se estudian las ideas del grupo de alumnos con los que se trabajó durante seis años, cuando egresaban de la educación general básica (9º año), y luego de haber

transcurrido un año de la implantación formal y final de la propuesta de enseñanza longitudinal diseñada (esto es, cuando los alumnos cursaban 8° año de EGB)

Objetivos de este trabajo

En el presente trabajo se pretende:

- Caracterizar las ideas que los alumnos de 9° año del Colegio Lenguas Modernas, explicitan acerca de la naturaleza y percepción del color, como así también inferir acerca de los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que a ellas subyacerían.
- Evaluar la consistencia y coherencia con que utilizan dichas ideas al interpretar distintos fenómenos y elaborar explicaciones.
- Evaluar el grado de correlación entre la caracterización enunciada en el primer punto y la consistencia y coherencia con que utilizan las ideas.

Problema de investigación

Una vez concluida la Educación General Básica de los alumnos con los que se ha trabajado desde que ingresaron al segundo ciclo, se plantea el siguiente problema de investigación:

- *¿Utilizan estos alumnos con algún grado de consistencia sus ideas acerca de la naturaleza y percepción de los colores y las aplican coherentemente para elaborar explicaciones?*

La respuesta a esta pregunta arrojará datos concretos que permitirán, a partir de esta experiencia piloto, evaluar los aprendizajes alcanzados y hacer correcciones fundamentadas orientadas a una nueva propuesta didáctica. Se considera que un estudiante aprendió significativamente los contenidos específicos referidos a la percepción del color, si puede utilizar con conciencia, consistencia y coherencia las ideas construidas en las clases de ciencias, para resolver diversas situaciones problemáticas en distintos contextos.

La pregunta antes planteada, está relacionada con las siguientes preguntas más específicas:

- *¿Las ideas explicitadas por los alumnos en la temática de la percepción y naturaleza del color, están orientadas por principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales coherentes con los de la ciencia escolar?*
- *¿Utilizan los alumnos sus ideas consistentemente al interpretar distintos fenómenos?*
- *Los alumnos que utilizan coherentemente sus ideas, ¿son aquellos que comparten las ideas científicas acerca de la percepción y naturaleza del color, desarrolladas durante la propuesta didáctica?*

Metodología

En el trabajo longitudinal se implementó un diseño cuasi-experimental (sin grupo de control) de tipo pretest – posttest (para cada intervención) y posttest retención, al finalizar la E.G.B. En el presente trabajo, se analiza la instancia posttest final que se implementó después

de haber transcurrido un año desde que se abordó por última vez la temática en cuestión con estos alumnos, en un contexto de clase de ciencia. Para realizar una descripción minuciosa de las ideas de los alumnos y los principios que a ellas subyacen se optó por una metodología cualitativa, atendiendo a que, en esta etapa, no se persigue la generalización de resultados, sino la detección de características relevantes de las ideas de los alumnos con los que se trabaja. También se pretende evaluar algunos indicadores del grado de consistencia y coherencia de las ideas manifestadas.

Participantes

La muestra utilizada es un grupo de 18 alumnos de 9º año del Colegio Lenguas Modernas de Olavarría, de edades comprendidas entre los 14 y 15 años. Con trece de estos alumnos se trabajó en el abordaje de la temática “visión – naturaleza y percepción de los colores” desde 4º a 8º año de E.G.B. a partir de la implementación de unidades didácticas fundamentadas científica y didácticamente. Dos de los alumnos restantes, participaron sólo de la intervención de 8º año y el tercero, únicamente de la de 7º año. No se los suprimió de la muestra estudiada, teniendo en cuenta que este estudio cualitativo es preliminar y base para una investigación futura con mayor rigor metodológico.

Tareas y procedimientos

El instrumento que se utiliza para recoger los datos está conformado por un test de repuestas múltiples y un cuestionario de problemas abiertos.

El test fue elaborado en base a los resultados obtenidos a partir del trabajo de investigación exploratorio realizado con antelación. En él se plantean 7 ítems que presentan situaciones cotidianas (fácilmente interpretables por los alumnos) que involucran fenómenos relacionados con la naturaleza y percepción de los colores y con el proceso de visión. En cada problema del test, se solicita a los estudiantes que analicen las respuestas y opten por aquella que consideren más adecuada para explicar cada problemática planteada. Los enunciados del test pueden consultarse en el Apéndice I, Sección 1.

A las opciones de cada ítems, subyacen distintas categorías de respuestas designadas sobre la base de los datos obtenidos en los mencionados trabajos de investigación exploratoria y los resultados aportados por otros investigadores. Estas opciones contemplan las ideas propuestas por la ciencia escolar, como así también las manifestadas por el grupo de alumnos con el que se trabaja, cuando cursaban 7º y 8º año de la E.G.B. (que pueden describirse algunas de ellas como ideas intuitivas y otras como ideas escolarizadas pre científicas). Consecuentemente, se atiende a la diversidad de principios ontológicos y conceptuales que subyacerían a cada tipo de ideas.

En tal sentido, y atendiendo a la caracterización de los distintos modos de conocer, propuestos por Pozo (2001), presentados en la tabla I, hemos caracterizado los modelos alternativos (hallados en los trabajos de investigación anteriores) y el correspondiente al de la ciencia escolar, en función de los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales. En la tabla II describimos las concepciones involucradas en el test (presentadas como opciones propuestas) en función de los principios mencionados y modos de razonamiento asociados, dado que fue en este aspecto en el que nos centramos al momento de elaborar el test.

Modelo Intuitivo I: Reconocimiento parcial de variables – no reconocimiento de interacciones

Caracterización de la concepción: Se reconocen los elementos implicados en la visión (luz, objetos, ojos) pero se les otorga un papel pasivo en tanto no se reconocen interacciones entre ellos. Se considera al color como una propiedad del objeto. Se explican los fenómenos perceptivos en función de hechos observables y a partir de ideas construidas en función de información aportada directamente por los sentidos.

Principio subyacente: Estado – Hecho o dato – Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista

Ejemplos: “Se asume que vemos los objetos porque los miramos, están dentro del campo visual del observador y hay luz” – “Se ven objetos de distintos colores porque están hechos o pintados de esa manera”

Modelo Intuitivo II: Reconocimiento de relaciones causales lineales entre variables

Caracterización de la concepción: Se otorga papel pasivo al sistema visual y se reconoce la necesidad de que la luz incida sobre el objeto. No se explicitan procesos ni interacciones.

Se explican los fenómenos perceptivos en función de hechos observables y a partir de ideas construidas en función de información aportada directamente por los sentidos.

Principio subyacente: Causalidad Lineal Simple – Proceso – Realismo ingenuo. Razonamiento reduccionista y/o mono conceptual

Ejemplos: “Vemos porque la luz ilumina al objeto y lo miramos” – “Vemos objetos de determinado color debido a las características de la luz que lo ilumina.”

Modelo producto escolarización I: Reconocimiento de relación entre variables (luz – objeto)

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. Se utilizan ideas incorrectas desde el punto de vista científico.

Principio subyacente: Causalidad Lineal Múltiple – Proceso – Razonamiento pluri conceptual no sistémico

Ejemplos: “Se considera que los objetos absorben, parte de la luz y es esa radiación la que permite la visualización de los mismos” – “Las características de luz absorbida selectivamente por los objetos determina el color del cual lo vemos al mirarlos”.

Modelo producto escolarización II: Reconocimiento de relación entre variables (luz – objeto)

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. Se utilizan ideas coherentes con la propuesta por la ciencia escolar pero incompletas respecto de ella.

Principio subyacente: Causalidad Lineal Múltiple – Proceso – Razonamiento pluri conceptual no sistémico

Ejemplos: “Se considera que los objetos absorben, reflejan y/o transmiten parte de la luz La radiación reflejada es la que permite la visualización de los mismos y para efectivizar la visión se debe mirar el objeto” – “Las características de luz reflejada y/ transmitida selectivamente por los objetos determina el color del cual lo vemos al mirarlos”.

Modelo coherente con el de la ciencia escolar: Reconocimiento de interacción entre variables (luz – objeto – sistema visual)

Caracterización de la concepción: Se reconocen la absorción, reflexión y/o transmisión que produce el objeto de la luz incidente. Así también que la luz reflejada y/o transmitida es el estímulo externo que produce múltiples procesos en el sistema receptor que conducen a la percepción visual. Se utilizan modelos abstractos para interpretar y explicar los fenómenos perceptivos.

Principio subyacente: Sistema – Interacción . Razonamiento sistémico

Ejemplos: “Vemos porque la luz reflejada y/o transmitida 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. El color se concibe como un proceso perceptivo producto de las interacciones entre los tres elementos.”

Tabla II: Descripción y ejemplificación de los distintos modelos relativos a visión y color

A lo largo de todo el test, entonces, se presentan opciones que contemplan explicaciones sobre la naturaleza y percepción del color, que pueden describirse en función de los principios ontológicos y conceptuales que a ellas subyacen (Ver Apéndice I, Sección 2). Estas problemáticas y las respectivas opciones de respuestas, fueron evaluadas por especialistas en enseñanza de la física, profesores y licenciados en física, como una instancia de validación del test.

En el Apéndice II se presenta el cuestionario implementado. El mismo involucra un diálogo entre adolescentes que discuten acerca de distintas explicaciones que pueden darse a un mismo fenómeno. Las mismas caracterizan dos maneras de interpretar la naturaleza del color, una más guiada por la percepción y el sentido común y la otra con mayor coherencia respecto al conocimiento científico. La actividad requiere que los alumnos expliciten sus ideas acerca de la naturaleza del conocimiento científico y el cotidiano, en cuanto a su poder explicativo, “validez” y con ello, contextos de uso (ver Apéndice II, Sección 1).

En la segunda parte de este instrumento se solicita a los estudiantes que elaboren explicaciones acerca de fenómenos cotidianos haciendo uso de sus ideas respecto a la naturaleza y percepción de los colores (ver Apéndice II, Sección 2). Estas situaciones problemáticas tienen como objetivo evaluar el tipo de conceptualizaciones que utilizan los alumnos a la hora de elaborar una explicación, respecto a las variaciones que se manifiestan al percibir un objeto cuando se cambian las condiciones del medio (cambio de fuente de luz y mezcla de pigmentos).

Procedimiento para la recolección de datos

Se aplicó el test y el cuestionario cuando los alumnos culminaban el 9º año de E.G.B., en un espacio temporal establecido por el Colegio de una hora reloj, momento en que los alumnos no tenían ocupación académica por ausencia de un docente.

Criterios de análisis

El significado que los alumnos otorguen al concepto de color, como así también los principios ontológicos y conceptuales que subyacen a sus ideas, se delimitan a partir de las opciones elegidas por ellos en el test. Este instrumento permite estudiar la consistencia de las respuestas de un mismo alumno en cada una de las situaciones analizadas y comprobar si se agrupan o no en una misma categoría con independencia del significado físico subyacente.

Se considerarán CONSISTENTES las respuestas de aquellos alumnos que utilicen un único modelo para explicar todas las problemáticas presentadas en el test, o que elijan distintos tipos de respuestas, en las que subyacen interpretaciones coherentes entre sí sobre el fenómeno analizado. Por ejemplo, serán consideradas respuestas consistentes si se utilizan en la mayoría de las situaciones planteadas, las coherentes con la ciencia escolar, aunque en alguna situación sea incompleta y considere el color sólo como producto de las interacciones entre la luz y el objeto.

A su vez se considerarán INCONSISTENTES a aquellas respuestas que en el mismo ítem o a lo largo del test, estén centradas en principios conceptuales y ontológicos antagónicos y hasta cierto punto excluyentes o no abarcativos. Por ejemplo, será inconsistente una respuesta cuando el mismo alumno opte por la idea coherente con la de la ciencia escolar para explicar una situación y ante otra elija la opción que implica considerar al color como una propiedad del objeto.

Este procedimiento permite entonces, categorizar las ideas de los alumnos y evaluar la consistencia con que cada uno las usa.

Por otro lado y principalmente en base a las respuestas dadas a la primera parte del cuestionario, se completa la caracterización de las ideas de cada uno de los alumnos en función de los principios epistemológicos que a ellas subyacen. Se considera que subyace un

principio epistemológico de realismo ingenuo, si sólo aceptan la concepción de sentido común esencialmente guiada por los órganos sensoriales. En tanto asumir que las ideas planteadas son maneras distintas de pensar (y de conocer) pero que la “científica” es la más aceptable, conllevaría a atribuir a su idea un principio epistemológico de realismo interpretativo. Finalmente, aceptar ambas concepciones como formas válidas de explicación de acuerdo al contexto y al problema, implicaría que subyace un principio epistemológico de constructivismo.

El análisis de las respuestas dadas por los alumnos a la segunda parte del cuestionario, permite dar mayores evidencias de las ideas centrales que utilizan los alumnos para explicar los fenómenos psicofísicos del color. Para ello, se elabora un diagrama donde se explicitan los conceptos que el alumno utiliza para explicar la naturaleza y percepción del color, y las interrelaciones que entre ellos establece.

Para analizar la relación entre los principios conceptuales, ontológicos y epistemológicos que subyacen a las ideas encontradas y la coherencia con que las mismas son empleadas para resolver las tareas propuestas, se comparan los esquemas de razonamiento de los alumnos con el elaborado a partir de las ideas de la ciencia escolar abordadas en clase (Fig. 3); evaluándose así no sólo el número de relaciones sino también si éstas son correctas en un contexto científico.

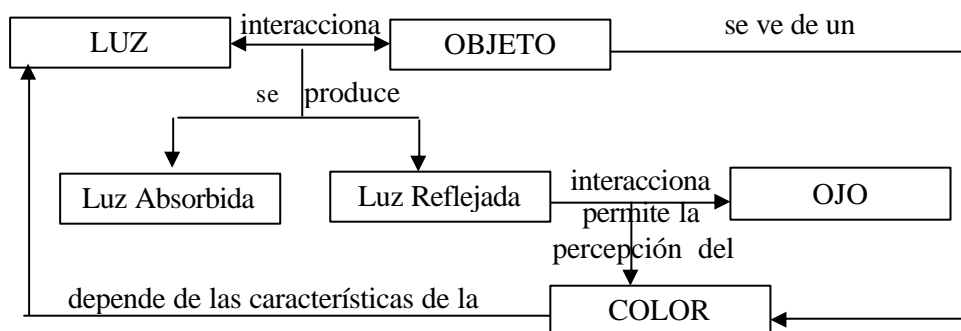


Fig. 3. Relación entre conceptos para explicar la naturaleza y percepción del color.

Se considera que los alumnos compartirían una idea coherente con la de la ciencia escolar si hacen explícito al menos tres de las relaciones que ésta propone para explicar el color (considerando las que se desprenden del referencial un total de cinco relaciones entre la luz el objeto y el sistema visual).

Este análisis permite conocer el tipo de idea que cada alumno utiliza a la hora de elaborar una explicación. A partir de la comparación entre ésta y la manifestada con mayor consistencia en el test, se podrá concluir si los alumnos que razonan consistentemente son aquellos que comparten una idea coherente con la propuesta por la ciencia escolar.

Resultados

Test de respuestas múltiples

Una tabla de doble entrada, permite observar las opciones que cada alumno eligió para esta actividad (ver tabla III). En la primer columna de la tabla se identifica a cada alumno y en las columnas sucesivas las situaciones problemáticas relacionadas con la naturaleza y

percepción del color con las opciones de respuestas. Se indican con una X las opciones elegidas por cada alumno.

Alumnos	Inciso 3						Inciso 4						Inciso 6				Inciso 7			
	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	a	b	c	d
A4		X			X				X				X			X	X			
A17					X				X				X			X				
A14					X	X			X					X				X		
A12		X				X			X				X				X			
A8					X	X			X				X				X			
A10						X			X				X				X			
A2					X	X			X				X	X		X	X			
A18					X				X				X						X	
A15		X								X			X						X	
A13				X						X				X	X				X	
A9					X				X				X				X			
A16	X	X				X			X				X			X	X			
A3		X							X				X			X				
A1		X				X			X	X			X			X				
A6						X			X				X			X				
A7		X				X			X	X			X			X				
A11		X				X			X	X			X			X				
A5					X	X			X					X		X				

Tabla III. Opciones elegidas por los alumnos a cada uno de los ítems que involucran a la naturaleza y percepción del color en el test aplicado.

A partir de un análisis minucioso de las opciones elegidas por cada alumno, se puede observar que:

☞ Ocho alumnos (A1, A2, A6, A7, A8, A10, A11 y A12) presentan una consistencia del 100% con una idea que implica considerar al color como producto de interacciones entre la luz y el objeto (absorción, reflexión – transmisión) y la luz reflejada o transmitida y el sistema visual (concibiendo al color como una percepción).

☞ Dos alumnos (A5 y A9), eligen con una frecuencia igual a tres (75% de consistencia con esta idea) respuestas coherentes con la ciencia escolar. Cuando no la eligen, hacen uso de ideas más incompletas pero no incorrectas. Un caso similar es el de los alumnos A3 y A4, aunque utilizan la idea cercana a la de la ciencia, con una frecuencia menor.

☞ El alumno A13, opta por repuestas que implican concebir que el color del cual se ve un objeto, coincide con el “color” de la luz que fue absorbida, resultando entonces consistente con una idea escolarizada no coherente con la de la ciencia escolar.

☞ El alumno A17, elige con una frecuencia de dos, la idea propuesta por la ciencia escolar, luego opta por opciones que involucran un menor número de variables, considerando que el color depende sólo de las características de la luz reflejada por el objeto. Cada una de las opciones elegidas serían coherentes con esta idea.

☞ Los alumnos A14 y A18 utilizan razonamientos inconsistentes en tanto eligen en un 50% las respuestas que contemplan a la de la ciencia escolar, pero no la eligen en todos los ítems, siendo que la misma aparece en cada uno de ellos. Recurren a ideas intuitivas (A14) o a

respuestas que atribuyen (incorrectamente en el contexto de la ciencia) el color a la luz incidente (A14) o a la luz reflejada (A18).

✗ Las respuestas del alumno A16 resultan inconsistentes ya que elige en un mismo ítem opciones que involucran ideas acerca del color que son incompatibles entre sí, resultando una de ellas incorrecta con la de la ciencia escolar con la cual manifiesta también estar de acuerdo. Si bien parecería que comparte la idea que el color está determinado por las características de la luz incidente, no la elige como respuesta en todos los ítems en los cuales ésta aparece como opción.

✗ Las respuestas del alumno A15 resultaron totalmente inconsistentes, ya que elige una opción de cada tipo de respuestas a lo largo del test.

CUESTIONARIO. Primera parte

Al realizar un análisis cualitativo de las respuestas dadas por los alumnos a la primera parte del cuestionario, se obtiene que:

✗ Once alumnos (A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A17 y A18), presentan una idea acerca de la naturaleza y construcción del conocimiento a la que podría atribuirse un principio epistemológico de realismo interpretativo. Así, por ejemplo justifican:

A12: *“Estoy de acuerdo con el segundo y el tercero pero con el primero no. No estoy de acuerdo con el primero porque si bien es lo que él percibe no ocurre así, ya que la pared absorbe la luz (formada por todos los colores) y el color que más refleja es el que vemos [...] Creo que todas las afirmaciones deben ser aceptadas, no son igualmente válidas, algunas más que otras”.*

✗ A las ideas de los alumnos A1, A2, A3, A15 y A4, subyacería un principio epistemológico de constructivismo en tanto explican que:

A1: *“Estoy de acuerdo con las tres afirmaciones, porque aunque sean distintas todas dicen lo mismo correctamente. [...] también estoy de acuerdo con la explicación del tercero porque dice que todo es una teoría, yo estoy de acuerdo con esta teoría”.*

✗ Dadas las respuestas de los alumnos A14 y A16, no se puede inferir el principio epistemológico que subyace a sus ideas.

CUESTIONARIO. Segunda parte

El análisis de las explicaciones elaboradas, permite realizar los esquemas de razonamiento asociados a las ideas de cada alumno.

✗ Los alumnos A1, A3, A5 y A11 utilizan la idea de la ciencia escolar, por lo que se puede representar su respuesta a través de un esquema coincidente con el de la Fig.1.

✗ Los alumnos A6, A7 y A9, utilizan una idea coherente con la de la ciencia escolar, involucrando un menor número de relaciones y procesos implicados. El esquema de razonamiento se muestra en la figura 4. La diferencia entre estos alumnos radica al resolver la primer problemática, en tanto el alumno A9 lo hace de manera incompleta, puesto que no considera la posibilidad que el objeto naturalmente absorbe luz correspondiente a la longitud de onda del azul, en dicho caso se vería negro y no lo reflejaría.

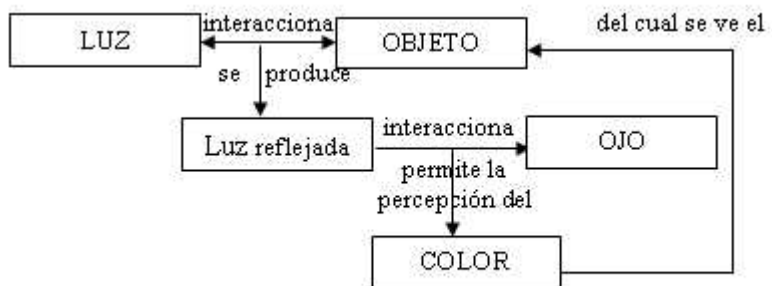


Fig. 4. Relación entre conceptos manifestada por los alumnos A6, A7 y A9

Así A9 contesta:

A9: “No se verán igual porque la luz azul hace que las cosas se vean más azuladas ya que tiene en su mayoría el azul y ese es el color que se reflejará más. Cuando se reflejan el color azul y amarillo esa mezcla los ojos no la pueden distinguir y la perciben como verde”.

A7, en cambio, tiene el problema de no concebir a la luz reflejada como una mezcla.

Los alumnos A2, A4 y A17 utilizan una idea coherente con la de la ciencia escolar, relacionando un número aún menor de variables. Sus respuestas pueden representarse a través del esquema mostrado en la figura 5.

Por ejemplo A4 explica: “Los objetos reflejan una mezcla de luces por lo tanto si los iluminamos por ejemplo con blanco y refleja azul, si los iluminamos con azul lo veremos azul. Al mezclar estos pigmentos (azul y amarillo) e iluminar con luz blanca esta mezcla refleja el verde”. La diferencia de A17 con los otros dos alumnos, es que la respuesta que elabora tiene poca formalidad explicativa y uso de vocabulario adecuado.

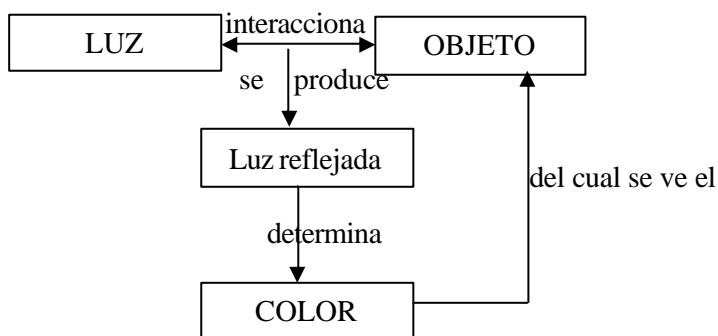


Fig. 5. Relación entre conceptos manifestada por los alumnos A2, A4 y A17

El alumno A10, utiliza una idea coherente con la de la ciencia escolar, pero relaciona un número menor de variables que los citados anteriormente. A su vez, no es capaz de discriminar que el objeto naturalmente puede absorber radiación azul, por lo que al iluminarlo con ella se vería negro. Por su respuesta se podría inferir que se refiere a un objeto que se ve blanco iluminado con luz blanca. El esquema de razonamiento manifestado por este alumno se representa en la figura.

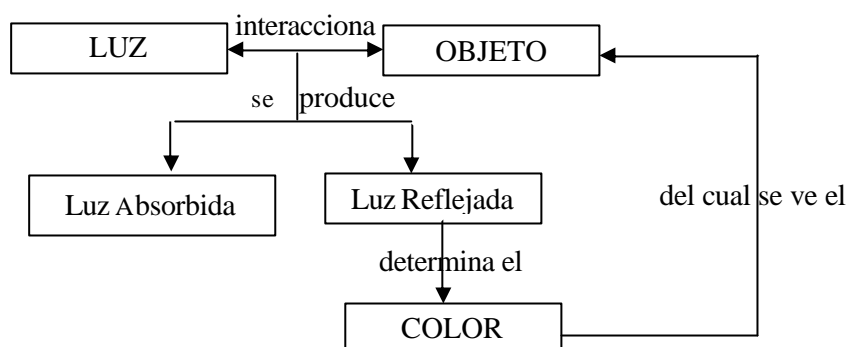


Fig. 6. Relación entre conceptos manifestado por el alumno A10

El alumno A13 que optaba por un modelo alternativo al de la ciencia durante el test, sólo pudo responder haciendo uso de él, a la segunda opción. Al no poder utilizarlo en la primera, recurre a una idea más relacionada con el pensamiento intuitivo.

A13: “Se ve diferente si iluminamos con distinta luz porque debido a que la luz con la que los iluminan es diferente existen otros colores”.

Su esquema de razonamiento se representa en la figura 7

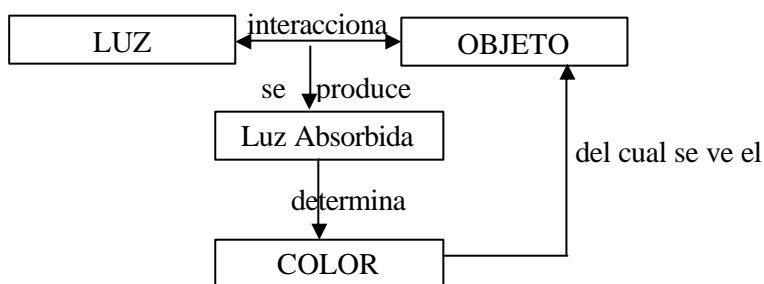


Fig. 7. Relación entre conceptos manifestada por el alumno A13

El alumno A15, hace uso de ideas intuitivas para elaborar explicaciones a las problemáticas planteadas. Su esquema de razonamiento se muestra en la figura 8

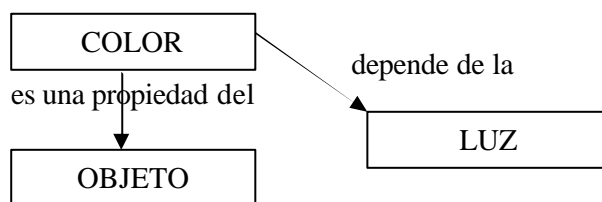


Fig. 8. Relación entre conceptos manifestada por el alumno A15

Los alumnos A8 y A12, contestan utilizando un modelo coherente con el de la ciencia escolar, involucrando un número bajo de relaciones en el caso de A8, siendo su respuesta válida sólo si el objeto no absorbe la radiación azul. No obstante ambos recurren a una idea intuitiva que implicaría concebir el color como una propiedad del objeto, para completar la explicación.

Así, el alumno A8 justifica que: “al iluminar con la luz azul, se refleja del objeto luz en la que predomina el azul. Al mezclar el pigmento azul con el amarillo se forma verde”.

Sus esquemas de razonamiento se podrían entonces representar tal como se muestra en la figura9.

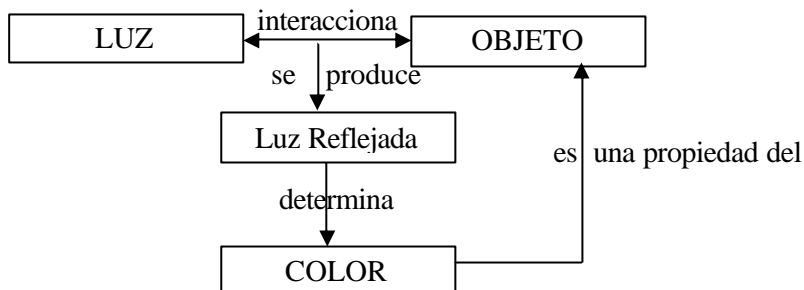


Fig. 9. Relación entre conceptos manifestada por los alumnos A8 y A12

✗ El alumno A14, no elabora una respuesta que atienda a la problemática planteada, y justifica diciendo que: “Tiene que iluminarlo todo del mismo color o todo blanco o todo azul. Esos colores están dentro del blanco y cuando se mezclan se ve verde”.

✗ Los alumnos A16, y A18, intentan utilizar parcialmente una idea coherente con la de ciencia escolar, involucrando un bajo número de relaciones de manera incorrecta en lo que respecta al contexto de la ciencia. A su vez, recurren a una intuitiva (A16) o elaboran una explicación incoherente (A18) a la hora de completar la actividad.

Así por ejemplo A16 justifica que: “La pared absorberá el color con el que se ilumina y éste se reflejará. Se ve diferente una mezcla de colorantes porque se mezclan los pigmentos”.

Discusión de resultados

Respecto al primer objetivo de este trabajo, se puede observar que de todos los alumnos cuyas respuestas resultaron consistentes con una idea en particular (a excepción de uno), manifiestan compartir una idea coherente con la de la ciencia escolar respecto a la naturaleza y percepción de los colores. En función de las opciones elegidas, se pueden caracterizar las ideas de cada uno de ellos a partir de cinco categorías:

Categoría I: los diez alumnos agrupados en esta categoría comparten una idea acerca de la naturaleza y percepción del color coherente con lo propuesto por la ciencia escolar, que implica considerar: percibimos objetos de distintos colores cuando los iluminamos con luz blanca, dado que éstos absorben y reflejan luz de diferente manera. En tanto el color no es una propiedad sólo de la materia ni sólo de las características de la luz, sino que es un complejo fenómeno psicofísico producto de las características espectrales de la fuente de luz, la absorción y reflexión selectiva (y/o transmisión) que el cuerpo efectúa al ser iluminado y de la interacción de la radiación reflejada y el ojo. Resultan entonces consistentes con una idea caracterizada por principios ontológico de sistema, y conceptual de interacción, diferenciándose en el principio epistemológico que subyace a su pensamiento. Así dos de ellos compartirían una idea más cercana al constructivismo (A1 y A2) y el resto más próximo al realismo interpretativo (A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11 y A12).

Categoría II: agrupa a los alumnos consistentes con una idea coherente con la de la ciencia escolar, pero que involucra menor número de variables y relaciones. Explican entonces:

“El color no es una propiedad de la materia ni de la luz, sino que es producto de las interacciones de la luz con el objeto (absorción y reflexión y/o transmisión)” Estos alumnos comparten el principio ontológico de proceso, conceptual de causalidad lineal múltiple y epistemológico de constructivismo (A3 y A4).

Categoría III: sólo un alumno está en esta categoría. Sus ideas resultan consistentes con con la de la ciencia escolar, pero involucran un número aún menor de variables y relaciones, en tanto se concibe el color sólo en función de las características de la luz reflejada. *“Vemos objetos de distintos colores porque reflejan luz con distintas características”*.

Subyace a esta concepción el principio ontológico de proceso, conceptual de causalidad lineal simple y epistemológico de realismo interpretativo (A17).

Categoría IV: conformada por un alumno cuyo razonamiento resulta consistente con un modelo alternativo que implica considerar al color como producto de la absorción que experimenta el cuerpo al ser iluminado. Así comparte la idea que *“vemos un objeto de un color porque absorbe luz de dicho color”*. Subyacería entonces al pensamiento de este alumno un principio conceptual de causalidad lineal simple, uno ontológico de proceso y uno epistemológico de realismo interpretativo (A13).

Categoría V: los alumnos agrupados aquí son los que resultan inconsistentes al momento de realizar el test (A14, A15, A16 y A18).

A partir de los resultados aportados por el test de respuestas múltiples y atendiendo al segundo objetivo de este trabajo, se puede observar que aproximadamente el 80% de los alumnos resultó consistente con una determinada idea acerca de la naturaleza y percepción del color. De estos alumnos, el 90 % recurrió a una idea coherente con la de la ciencia escolar para resolver cada ítems. En tanto el 10% restante, presenta un modelo alternativo producto de la escolarización, que no se corresponde con el propuesto por la ciencia. Aproximadamente un 20% del total de los alumnos, no muestra razonamientos consistentes con ninguna de las ideas propuestas.

Respecto al tercer objetivo que implica hallar una correlación entre la naturaleza de las ideas y la posibilidad de aplicarlas para resolver un problema, se comparan los principios que subyacen a las ideas de cada alumno y el número de relaciones que explicitan entre los elementos involucrados en el proceso de percepción del color. En la tabla IV, se identifican los alumnos que resultaron consistentes con algún modelo en particular (científico o no), el número de relaciones que establecieron entre los conceptos involucrados en sus explicaciones acerca de la naturaleza y percepción del color, como así también los principios que subyacen a sus ideas. Con la letra X se identifican la consistencia de los alumnos y los principios que caracterizan a sus ideas (las referencias se citan al pie de la tabla). Con la letra C se indica el número de relaciones correctas y con la I las incorrectas.

Alum- nos	Consistentes con idea coherente con la de la Ciencia escolar	Consisten- tes con un modelo alternativo	Incon- sisten- tes	Número de relaciones entre conceptos.					Principios subyacentes a las idea de los alumnos consistentes			
				1	2	3	4	5	I	II	III	IV
A1	X							C	X			
A2	X					C			X			
A3	X							C			X	
A4	X					C					X	
A5	X							C		X		
A6	X						C			X		
A7	X						C			X		
A8	X			I		C				X		
A9	X						C			X		
A10	X						C			X		
A11	X							C		X		
A12	X			I		C				X		
A13		X		I	C							X
A14			X									
A15			X	I-C								
A16			X		I-C							
A17	X					C						X
A18			X	I			C					

Referencias: I: Principio ontológico interacción; principio conceptual sistema; principio epistemológico constructivismo. II: Principio ontológico interacción; principio conceptual sistema; principio epistemológico realismo interpretativo. III: Principio ontológico proceso; principio conceptual causalidad lineal múltiple; principio epistemológico constructivismo. IV: Principio ontológico proceso; principio conceptual causalidad lineal simple; principio realismo interpretativo.

Tabla IV Comparación entre el número de relaciones propuestas por los alumnos y el nivel de consistencia de sus ideas.

A partir del análisis de esta tabla se puede observar que:

- de los trece alumnos que resultaron consistentes con una idea coherente con la de la ciencia escolar, once (85 %) establecieron al menos tres relaciones correctas entre los elementos implicados en la percepción del color. Los dos alumnos restantes, establecieron una relación incorrecta, al interpretar la naturaleza del color a partir de un pensamiento intuitivo. El hecho que algunos de ellos no hagan explícito el papel del sistema visual en el proceso de percepción del color, puede deberse a que en ninguna problemática se los inducía a pensar explícitamente en el sistema visual (como sería el caso, por ejemplo, de analizar la percepción de color de una persona daltónica) Factor éste al que se deberá atender en el diseño de una futura intervención didáctica.
- el alumno que se mostró consistente con un modelo alternativo al de la ciencia, sólo pudo establecer dos relaciones entre los elementos involucrados, proponiendo explicaciones incoherentes con la propuesta por la ciencia. Logró ser coherente con su propia idea sólo parcialmente (en el 50 % de los casos) e hizo uso de ideas intuitivas para completar la actividad.
- los alumnos que se mostraron inconsistentes inicialmente, realizan como máximo dos relaciones coherentes con las de la ciencia, y el resto correspondientes a un pensamiento intuitivo (a excepción de A18 que establece cuatro relaciones correctas y una incorrecta). En general no resultan consistentes al elaborar sus respuestas, con una

idea en particular, salvo el A15 que utiliza una totalmente intuitiva. A su vez, no elaboran explicaciones coherentes entre sí para dar una respuesta a problemáticas que esencialmente involucran al mismo fenómeno.

Conclusiones

A la luz del análisis de los datos realizado, se puede concluir que la mayoría de los alumnos presentó una idea coherente con la de la ciencia escolar. Concebirían entonces al color como producto de la interacción entre la luz y la materia y la percepción del mismo, como consecuencia de la interacción entre la luz reflejada y el sistema visual, estando sus ideas caracterizadas por principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales coherentes con los de la ciencia. Fueron estos alumnos, quienes resultaron consistentes a la hora de resolver distintas situaciones problemáticas, siendo capaces de elaborar explicaciones involucrando un número importante de variables y estableciendo correctas relaciones entre ellas.

A su vez, hay alumnos que si bien en algunos de los casos utilizan las ideas compartidas en las clases de ciencias, las abandonan y reemplazan por modelos no científicos al elaborar sus explicaciones, no resultando coherentes ni consistentes con una idea en particular.

Finalmente, quién se manifiesta consistente con un modelo alternativo sobre la naturaleza y percepción del color, no logra elaborar explicaciones basadas en él.

Se puede concluir entonces, que las ideas coherentes con las de la ciencia escolar presentaron niveles de consistencia mayores que las intuitivas o las contextualmente erróneas. A su vez, también se observó que el compartir dicha idea implicó la elaboración de explicaciones basadas en lenguajes más formales y abstractos que no sólo conllevó a una mayor coherencia argumental sino también supuso una mayor capacidad de transferencia a distintos contextos y tareas.

Estos resultados, permiten concluir que sería posible y necesario un aprendizaje de las ciencias con las características propuestas en este trabajo, si se pretende alcanzar un aprendizaje significativo. A su vez nos estimulan para continuar con la investigación en esta temática, a fin de analizar con mayor profundidad y con mayor rigor cuantitativo y cualitativo, los procesos de aprendizaje durante la instrucción implementada y los niveles de aprendizaje que pueden alcanzarse al final de la instrucción.

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.
- BERTELLE A., BRAVO B., ITURRALDE C., ROCHA, A. (2000). *Enseñanza – Aprendizaje de las Ciencias. Un compromiso compartido*. Buenos Aires. Consejo Editorial de la Universidad Nacional del Centro. I.S.B.N. 950-658-072-3.
- 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*. Facultad de Ingeniería. UNCPBA.

- BRAVO B. y PESA M. (2003) Concepciones de Alumnos de 9º año de Educación General Básica sobre la Naturaleza y Percepción del Color. *Trabajo realizado en el marco del Doctorado en Educación Científica*. UAM
- BRAVO B. y PESA M. (2003) Concepciones de Alumnos de 9º año de Educación General Básica sobre el Color. *Memorias de la VII SIEF*. La Pampa. Argentina.
- BRAVO B., y ROCHA A. (2003). 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. (aceptado para su publicación)
- BRAUNMÜLLER M., BRAVO B, y ROCHA A. 1a (2003). Aprendiendo acerca del color en 3º ciclo de E.G.B. Los principios conceptuales que subyacen a las ideas de los alumnos. *Trabajo presentado en el III Congreso Nacional y I Internacional de Investigación Educativa "Laberintos y encrucijadas"*. Cipolletti. Río Negro. Argentina.
- BRAUNMÜLLER M., BRAVO B. y ROCHA A. 1b (2003) Aprendiendo acerca del color en 3º ciclo de E.G.B. Los principios ontológicos que subyacen a las ideas de los alumnos. *Trabajo presentado en la REF XIII*. Río Cuarto. Córdoba. Argentina.
- BRAVO B., BRAUNMÜLLER M. y ROCHA A (2005) La enseñanza del "Color" en 8º año de EGB. La propuesta didáctica y el conocimiento de los alumnos. *Trabajo presentado en el XIV REF*. Bariloche. Argentina
- BRAVO B., PESA M. y POZO J.I. (2005) Concepciones acerca de la visión y percepción del color. Diseño y evaluación de un Test de respuestas múltiples. *Trabajo presentado en el XIV REF*. Bariloche. Argentina
- CHI, M. T. H. (1992). *Conceptual Change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science*. R. Giere (ed) *Cognitive models of Science*. Minnesota Studies in the Philosophy of Science.
- DRIVER R; GUESNE E., TIBERGHIE A. "Ideas científicas en la infancia y la adolescencia". Cap. II. Editorial Morata S.A. - MET. España. 1989.
- FEHER, E., & MEYER, R. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (5), 505 - 520 .
- FEYNMAN R; LEIGHTON R; & SANDS M. (1971) *The Feynman. Lectures on Physics. Vol. I, Mechanics, Radiation and Heat*. Edición bilíngüe. Ed. Fondo Educativo Interam., México.
- ISLAS S., y PESA, M. (2002) Diferentes visiones acerca de los modelos científicos. *Memorias del VI Simposio de Investigadores en Educación en Física*, Corrientes, Argentina.
- MOREIRA, M. A. (2000). *Aprendizaje Significativo: teoría y práctica*. Ed. Visor Dts. S.A. Madrid.
- MORTIMER, E. (2000). *Linguagem e formacao de conceitos no ensino de ciencias*. Ed. UFMG.
- OSBORNE R., & FREYBERG P. (1991). *El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de las Ciencias de los alumnos*. Ed. Narcea.
- PESA M. (1997). Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes. *Tesis doctoral*. Universidad Nacional de Tucumán.

- PESA M.; CUDMANI L., y BRAVO S. (1996). 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.
- PIGET J. (1973). *Psicología de la Inteligencia*. Editorial Psique, Buenos Aires.
- POZO MUNICIO J.I. y GÓMEZ CRESPO M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Cap IV. Ed. Morata SL.
- POZO J.I (2001). *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Ed. Morata. SL. España.
- SÁNCHEZ BLANCO G. y VALCÁRCEL PÉREZ, M.(1993). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 33 - 44.
- SIQUEIRA HARRES J.(1993) “Um teste para detectar concepcoes alternativas sobre tópicos introductorios de óptica geométrica”. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. 10 ?3?, 220-234
- SELLEY N. J. (1996). Children’s ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18 (6) 713 – 723 .
- SELLEY, N. J. (1996). Towards a phenomenography of light and vision. *International Journal of Science Education* 18. (7) 837 – 846 .
- VIENNOT, L. (1996). *Raisonnement en physique. Le part du sens commn*. Ed. Boeck Université. Serie Practiques pedagogiques, París.
- VIENNOT L., & KAMINSKI W. (1991). Participation des maitres aux modes de raisonnement des eleves. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1).
- VILLANI A., & PACCA J. (1990). Spontaneous reasoning of graduate students. *International Journal of Science Education*, 76 (2).

Recebido em: 12.07.2005

Aceito em: 02.03.2006

Apéndice I

Sección 1

A continuación, se presentan una serie de situaciones problemáticas, sobre las cuales te pido que des una respuesta, seleccionando la/s opción/nes que aparecen listadas debajo de cada una.

1. *¿Porqué ves las letras que aparecen escritas en esta hoja?*

- a) Porque tengo ojos y hay luz.
- b) Porque la luz que no fue absorbida por las letras, se refleja y llega a mis ojos.
- c) Porque la luz ilumina las letras y yo las miro.
- d) Porque las letras absorben y reflejan la luz que llega a ellas.
- e) Porque las letras reflejan la luz que las ilumina.
- f) Porque las letras absorben la luz que llega a ellas.

2. *Si colocaras esta hoja dentro de un folio, podrías seguir viendo el texto porque:*

- a) Porque el folio es un cuerpo transparente, y puedo ver a través de él.
- b) Porque el folio, absorbe, refleja y transmite como cuerpo transparente parte de la luz reflejada por la hoja. La luz transmitida llega a mis ojos permitiéndome verla.
- c) Porque la luz puede atravesar el folio e iluminar la hoja, para que pueda verla.
- d) Porque el folio absorbe parte de la luz que refleja la hoja.

3. *¿Porqué ves roja a una manzana deliciosa cuando la iluminas con luz blanca?*

- a) Porque de todos los colores que tiene la luz blanca, la manzana es iluminada principalmente por la luz roja.
- b) Porque la manzana absorbe parte de la luz que la ilumina y refleja el rojo.
- c) Porque la manzana, naturalmente es roja.
- d) Porque la manzana absorbe el rojo de la luz que la ilumina.
- e) Porque de la luz que ilumina la manzana, ésta refleja el rojo.
- f) Porque la manzana absorbe parte de la luz y refleja una parte de la luz, que al llegar a mis ojos, lo percibo como rojo.

4. *¿Porqué podemos ver amarilla ésta hoja al utilizar filtros?*

- a) Porque el filtro es amarillo.
- b) Porque el filtro agrega color a la luz.
- c) Porque de la luz reflejada por la hoja el filtro transmite una parte de la luz, la cual llega a mis ojos y la percibo como amarilla.
- d) Porque el filtro transmite el amarillo de la luz que refleja la hoja.
- e) Porque de todos los colores reflejados por la hoja, el filtro absorbe el amarillo.
- f) Porque el filtro transmite rojo y verde y mi ojo lo percibe como amarillo.

5. *En este momento y si mantienes tu posición, no puedes ver lo que ocurre detrás de ti: ¿por qué?*

- a) Porque si bien llega luz a las cosas que están detrás de mí, yo estoy de espaldas a ellas.
- b) Porque la luz que reflejan o transmiten los objetos no llega a mis ojos.
- c) Porque si bien todos los objetos están absorbiendo y reflejando la luz, no los estoy mirando.

6. *¿Por qué podemos ver esta hoja roja, si la iluminamos con luz “roja”?*

- a) Porque la luz al ser roja, le cambia el color a la hoja.
- b) Porque la hoja, según sus propiedades, refleja todos los colores, en este caso el rojo. La luz reflejada llega a mis ojos y la percibo de ese color.
- c) Porque la hoja en este caso, está siendo iluminada principalmente por luz roja.
- d) Porque la hoja, absorbe la luz roja que llega a ella.

7. *¿Por qué vemos verde a esta hoja si la pintamos con témpera, de dicho “color”?*

- a) Porque la témpera, al ser iluminada por luz blanca, refleja el verde.
- b) Porque según las propiedades de la témpera, absorbe parte de la luz y refleja una mezcla que al llegar a mis ojos la percibo como verde.
- c) Porque la témpera es de color verde y tiñe la hoja de ese color.
- d) Porque de todos los colores de la luz blanca que ilumina la hoja pintada con témpera, el que principalmente le llega es el verde.

Sección 2

Las respuestas dadas como opciones a las problemáticas contempladas en el test, se dividen en cinco grupos:

I.- Las respuestas 3.f; 4.c; 6.b; y 7.b contemplan una explicación respecto a la naturaleza y percepción del color coherente con la de la ciencia escolar, compartida en 8° año, en tanto se concibe que de la luz que incide en el objeto, parte se absorbe y el resto se refleja. Esta luz reflejada (constituida por una mezcla de luces) incide en el ojo y se interpreta como un color (color del cual vemos el objeto). A esta idea, subyacen los principios ontológico de Sistema y conceptual de Interacción. La respuesta 4.f compartiría estos principios que resulta equivalente a la 4.c solo que se discrimina el tipo de radiación que refleja el objeto y transmite el filtro. Se la considera una respuesta equivalente a la 4.c atendiendo al objetivo de este trabajo.

II.- Las respuestas 3.b y 4d, contemplan una explicación coherente con la de la ciencia escolar pero involucra un menor número de variables e interacciones al concebir la naturaleza y percepción del color. En este caso se considera que el color se debe a la luz absorbida y reflejada – transmitida por un objeto, sin hacer explícita la función del ojo – sistema visual en este proceso o a la interacción luz transmitida – ojo, sin considerar absorciones y reflexiones. Los principios que subyacen a esta idea resultan ser Proceso (ontológico) y Causalidad Lineal Múltiple (Conceptual).

III.- Las respuestas 3.e y 7.a, son similares a las anteriormente mencionadas, pero contemplan sólo al proceso de reflexión concibiéndose al color como consecuencia de la naturaleza de la luz reflejada. Los principios que subyacen a esta idea, son de Causalidad Lineal Simple (conceptual) y Proceso (ontológico).

IV.- Las respuestas 3.d; 4.e y 6.d involucran una idea escolarizada no coherente con la propuesta desde la ciencia, ya que implican concebir al color como producto de la absorción que el cuerpo realiza cuando incide luz en él. Así, el color del cual se ve el objeto se considera que coincide con el color de la luz que el objeto absorbió. Nuevamente, el principio conceptual corresponde a Causalidad Lineal Simple y el ontológico a Proceso.

IV.- Las respuestas 3.a; 4b2; 6.c y 7.d involucran una idea que no resulta coherente con la de la ciencia escolar, pero se la puede considerar una idea producto de la escolarización, debido a las relaciones involucradas y vocabulario empleado. La concepción que subyace a estas opciones del test implica considerar que es la luz la única responsable de la naturaleza y percepción del color y se considera la posibilidad que de todos los colores que componen la luz blanca, uno de ellos puede llegar en mayor proporción al objeto, determinando el color del cual se ve. Subyace a esta idea un principio conceptual de Causalidad Lineal Simple y uno ontológico de Estado.

V.- Las respuestas 3.c; 4.a; 6.a y 7.c involucran ideas intuitivas, cotidianas y de sentido común. El color es concebido como una propiedad de la materia. Los principios que subyacen a esta idea son entonces Estado (ontológico) y Hecho o Dato (conceptual).

Apéndice II

Sección 1

Tres alumnos, luego de una clase de plástica se pusieron a discutir acerca de qué es el color.

Para el primero de ellos, el color depende de la pintura que utilizemos para pintar los objetos y de la luz con la cual los iluminemos. Porque si bien de día y con la luz del Sol, vemos las paredes del colegio blancas, si a la noche venimos y las iluminamos con luz roja, ya no las vamos a ver blancas sino que las veremos rojas.

El segundo no está de acuerdo con su compañero. Para él, el color es luz reflejada por el objeto. Esto debido a que vemos la pared blanca porque cuando la iluminamos con luz blanca (que está compuesta por todos los colores), la pared absorbe parte de esa luz y refleja una mezcla de luces, que nuestro sistema visual percibe como blanca. Si cambiamos la luz y la iluminamos con luz roja, la pared reflejará dicho color, por lo cual la veremos roja.

Entonces, el tercero comenzó a hablar opinando que las dos respuestas de sus compañeros son igualmente válidas ya que, mientras que la respuesta del primero está basada en lo que él percibe cotidianamente el segundo, hace uso de modelos aportados por la ciencia para explicar qué es el color. De alguna manera, la ciencia ha sido construida a lo largo del tiempo justamente para interpretar los fenómenos que a diario observamos. Nos da herramientas para explicar la “naturaleza”, pero no es la verdad absoluta ni es parte de la naturaleza misma, sino que son las ideas propuestas por un grupo de personas que se dedican a estudiar fenómenos naturales.

- De cada uno de los alumnos que intervinieron en la discusión explica con qué afirmaciones estás de acuerdo y con cuales no.
- ¿Crees que alguno de estos alumnos está equivocado, respecto de lo que dice? ¿Por qué?
- ¿Crees que todas las respuestas son igualmente válidas? ¿Por qué?

Sección 2

¿Qué explicación le darías vos a:

- el iluminador de una sala de teatro que se cuestiona porqué los objetos de la escenografía no se perciben del mismo color cuando los ilumina con luces blancas o azules?
- una repostera que, para simular el pasto de una cancha de fútbol mezcla colorantes azul y amarillo, y se pregunta porqué la misma se ve verde?