

Aprendiendo a *explicar* el fenómeno de la visión: efectos de la enseñanza sobre el saber de los alumnos



Bravo, Bettina¹, Pesa, Marta² y Pozo, Juan Ignacio³

¹*Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. Del Valle No.5737. Olavarría, CP 4700, Buenos Aires, Argentina.*

²*Dpto. de Física, FCEyT, UNT Av. Independencia 1800, Tucumán. Argentina.*

³*Dpto. de Psicología Básica. UAM. Campus de Cantoblanco. Madrid.*

E-mail: bbravo@fio.unicen.edu.ar

(Recibido el 23 de Febrero de 2011; aceptado el 01 de Junio de 2011)

Resumen

En este trabajo se estudia el aprendizaje experimentado en alumnos de educación secundaria, cuando se implementan en el aula diferentes propuestas de enseñanza (innovadora y tradicional). Se estudia la influencia e interrelación de las variables independientes (momento: pre, post y demora; propuesta de enseñanza: innovadora y tradicional y categoría de respuesta) sobre la variable dependiente representada por la probabilidad con que los sujetos usan las distintas concepciones. Los resultados revelan que la enseñanza tradicional no propiciaría cambios sustanciales en el modo de conocer de los estudiantes. En tanto los estudiantes con quienes se implementó la propuesta especialmente diseñada en esta investigación, han experimentado un cambio paulatino del modelo conceptual que usan para explicar la visión y de los principios implícitos que guían la manera en que se concibe el fenómeno.

Palabras clave: Aprendizaje de la Física, Propuesta de enseñanza, Visión.

Abstract

This work examines experienced learning students in secondary education, when different proposals for education (innovative and traditional) are implemented in the classroom. This work examines the influence and interrelatedness of the independent variables (moment: pre, post and delay; proposal of teaching: traditional and innovative and answer category) on the dependent variable represented by the probability that subjects use different conceptions. The results show that traditional teaching would not lead to substantial changes in the way students learn. As students with who implemented the proposal specifically designed this research experienced a gradual change of the conceptual model used to explain the vision and the implicit principles that guide the way that conceived the phenomenon.

Keywords: Learning of physics, Education proposal, Vision.

PACS: 01.40.Fk, 01.40.gb, 42.66.Si.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Diversos autores han estudiado las ideas que tienen sobre el fenómeno de la visión estudiantes de distintas culturas, edades y formación académica (como por ejemplo [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]) Los resultados hallados han puesto en evidencia que los alumnos tienden a utilizar ideas, modelos y concepciones intuitivas basándose en modos de razonar no sistémicos sino reduccionistas. Así por lo general explican que vemos simplemente porque “hay luz, tenemos los ojos abiertos y sanos y miramos hacia el objeto que deseamos ver”. Este modo de explicar el fenómeno resulta antagónico al propuesto por la ciencia.

En tal sentido, desde la ciencia se concibe que para ver un objeto iluminado, la luz reflejada por él debe incidir en el sistema visual y, a partir de procesos físicos, químicos y

biológicos, estimular selectivamente las células fotosensibles, lo que desencadena complejas reacciones químicas que conducen a la emisión de estímulos nerviosos. Los pulsos eléctricos llegan al cerebro donde mediante un procesamiento neurocognitivo de esa información se genera la representación de lo que vemos [10].

Desde esta perspectiva científica se asume que la luz, el sistema visual y el objeto forman parte de un complejo sistema y que la explicación de los fenómenos de la visión implica reconocer a los tres elementos de manera íntegramente relacionada. Luz, objeto y sistema visual forman un complejo sistema de interacciones, cuyos modelos explicativos están asociados a razonamientos plurivariados y sistémicos.

Resulta indispensable cuestionarnos acerca de ¿por qué, pese a la educación formal, los alumnos parecen no

aprender las ideas propuestas por las ciencias? ¿Por qué presentan tantas dificultades para construir modelos científicos respecto de los fenómenos de percepción visual? ¿Qué tipo de aprendizaje involucra la construcción de dichos modelos?

A. El saber intuitivo y el saber de la ciencia

La perspectiva teórica que adoptamos aquí implica concebir al conocimiento científico y al conocimiento intuitivo como dos modos de conocer, dos maneras sustancialmente distintas de “ver” e interpretar el mundo, que presentan características implícitas diferentes. Estas diferencias estarían relacionadas no sólo con el modelo explicativo (y con ello con la idea, la concepción usada en uno u otro contexto) sino también con los principios conceptuales, ontológicos y epistemológicos que caracterizan a cada manera de conocer. Serían estos principios los que guían de forma implícita la manera en que se interpretan y conciben en cada contexto los distintos fenómenos, como así también los modos de razonar que se activan al momento de elaborar una explicación [11]. En la Tabla I se describen los modelos explicativos, los principios subyacentes [12] y los modos de razonar asociados a cada forma de conocer [12].

TABLA I. Modelos explicativos y características ontológicas, epistemológicas y conceptuales del conocimiento intuitivo y del conocimiento científico.

<i>Saber intuitivo</i>	<i>Saber de la ciencia</i>
Modelo explicativo: Vemos porque hay luz y tenemos ojos.	Modelo explicativo: Para ver un objeto la luz reflejada por el objeto debe incidir y estimular el sistema visual del observador (estimulación que implica complejos procesos físicos, químicos, biológicos y psicológicos).
Principio Ontológico de estado: Interpretación del mundo en estados de la materia desconectados entre sí.	Principio ontológico de sistema: Los fenómenos se interpretan en función de relaciones complejas que forman parte de un sistema.
Principio epistemológico de realismo ingenuo: La realidad es tal como la vemos, lo que no se percibe no se concibe.	Principio epistemológico de constructivismo: Se concibe que la ciencia conformada por modelos alternativos permiten interpretar la realidad pero no son la realidad misma.
Principio conceptual de hecho o dato: Los fenómenos y hechos se describen en función de propiedades y cambios observables.	Principio conceptual de interacción: Las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción.
Razonamiento monoconceptual: se supone que los fenómenos dependen de una sola variable.	Razonamiento pluriconceptual.

Razonamiento no sistémico: no se consideran efectos mutuos entre elementos involucrados.	Razonamiento sistémico.
Razonamiento reduccionista: se atiende más a las propiedades que a las funciones de los elementos involucrados en el fenómeno.	Razonamiento no reduccionista.

Según hemos detectado en trabajos de investigación previos [2, 14] estos modos de explicar la visión (científico e intuitivo) descritos en la Tabla I, constituirían los extremos de un continuo que los estudiantes suelen transitar durante el aprendizaje de la ciencias cuando con la enseñanza formal se busca intencionalmente propiciar un cambio ontológico, epistemológico y conceptual.

Dichos trabajos de investigación previos permitieron detectar cuatro formas distintas que los alumnos tienden a utilizar con mayor frecuencia para explicar la visión y el color conforme avanza la enseñanza. En la Tabla II se presentan estos modos de conocer agrupados en cuatro categorías, las cuales se caracterizan por el modelo explicativo subyacente, por los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales y por los modos de razonamiento asociados.

El modo de conocer involucrado en la categoría I es de naturaleza intuitiva, a partir del cual sólo se reconoce a los ojos como elemento indispensable y suficiente para ver. La categoría II involucra una concepción también intuitiva pero más compleja que la anterior, ya que con ella se reconoce explícitamente la importancia de la luz en los procesos perceptivos. Pero se concibe, de manera reduccionista, que para ver, el observador debe mirar hacia el objeto y la luz iluminarlo.

A la categoría III subyace una idea producto de la escolarización que resulta incompleta en el contexto de la ciencia escolar. A partir de ella se asume que vemos porque el objeto refleja parte de la luz que incide en él. En esta explicación el sistema visual cumple un rol pasivo, el de mirar lo que ocurre “fuera” del observador por lo que a esta concepción se la considera incompleta.

A la categoría IV subyace el modelo explicativo que, en concordancia con Galili y Hazan [5] y Viennot [9], se espera que construyan los alumnos de educación secundaria como consecuencia de la enseñanza formal. A partir de ella se reconocen a los tres elementos involucrados en los procesos perceptivos (luz, sistema visual y objetos) y a las múltiples y complejas interacciones que entre ellos se establecen (absorción, reflexión, transmisión, 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 a ella 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 se caracterizan por ser plurivariados y sistémicos.

TABLA II. Modelos explicativos y características ontológicas, epistemológicas y conceptuales del conocimiento intuitivo y del conocimiento científico (adaptado y adoptado de Pozo y Gómez Crespo, 1998).

<p><i>Categoría I: IDEAS NETAMENTE INTUITIVAS</i></p> <p>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. Principios subyacentes: Estado – Hecho o dato – Realismo ingenuo. Razonamiento: reduccionista, monoconceptual, no sistémico. Ejemplo: Se ven objetos porque con los ojos los miramos.</p>
<p><i>Categoría II: IDEAS INTUITIVAS</i></p> <p>Caracterización de la concepción: Se reconocen 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 sobre el objeto para verlo. Principios subyacentes: Causalidad Lineal Simple – Estado – Realismo ingenuo. Razonamiento: reduccionista no sistémico. Ejemplo: Vemos los objetos porque la luz los ilumina y con los ojos los miramos.</p>
<p><i>Categoría III: IDEAS COHERENTES CON LAS DE LA CIENCIA ESCOLAR PERO INCOMPLETAS</i></p> <p>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. Principios subyacentes: Causalidad Lineal Múltiple – Proceso – Proceso de superación del realismo ingenuo. Razonamiento: pluri conceptual no sistémico. Ejemplo: Vemos los objetos porque reflejan parte de la luz que los ilumina y nosotros, con nuestros ojos, los miramos.</p>
<p><i>Categoría IV: IDEAS DE LA CIENCIA ESCOLAR</i></p> <p>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. Principios subyacentes: Sistema – Interacción – Superación del realismo ingenuo. Razonamiento: sistémico, pluri-variado, no reduccionista. Ejemplo: Para ver la luz la luz emitida y/o reflejada por los objetos debe incidir en el ojo del observador. Dado que el ojo se comporta esencialmente como un sistema de lentes, produce la convergencia de la luz hacia la retina, zona donde se hallan las células fotosensibles. La estimulación selectiva de dichas células provoca la producción de una serie de transformaciones químicas que dan como resultado el estímulo nervioso que llega al cerebro donde se producirá la sensación de visión de un objeto.</p>

B. Aprender acerca de la visión

El aprendizaje del saber de la ciencia respecto de la visión conllevaría pasar de concebir este fenómeno en términos de las categorías I y II (descritas en la Tabla II) a concebirlos en términos de las ideas subyacentes a las categorías III y IV, lo que implicaría:

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

es un complejo cambio ya que requiere una revisión gradual de los supuestos epistemológicos subyacentes al saber intuitivo y una reinterpretación de la experiencia previa [15]. Dicho cambio se daría paulatinamente conforme avanza la educación científica formal.

- Superar las restricciones ontológicas impuestas por las ideas intuitivas y apropiarse de los principios implicados en la construcción del conocimiento científico. El principal problema de los procesos de aprendizaje que requieren cambio de categorías ontológicas (como es el caso de la visión) 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 [16]. Durante el aprendizaje el primer cambio ontológico importante a llevarse a cabo implicará el paso de concebir los fenómenos en términos de estados a concebirlos en términos de procesos. El segundo cambio radical conlleva aprender a interpretar los fenómenos en términos de sistemas [12].

- 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. Aquí también el cambio sería paulatino, implicando la construcción de modos de conocer “intermedios” (entre el saber inicial y el de la ciencia escolar) que conllevará a explicar los fenómenos en términos de causalidades lineales simples y múltiples para luego llegar a concebirlos en términos de procesos de interacciones [12].

Pero ¿cómo enseñar para favorecer un aprendizaje como el descrito? ¿Por qué la educación tradicional parece no favorecerlo?

C. Una propuesta de enseñanza

Cuando se aborda tradicionalmente en clases de ciencias los fenómenos de percepción visión se suele realizar un análisis disciplinar, desde una óptica netamente biológica o netamente física. Desde la primera perspectiva se suele atender principalmente (y muchas veces, exclusivamente) al funcionamiento y fisiología del sistema visual para explicar la visión de un objeto sin atenderse (o atendiendo solo superficial y descriptivamente) a los procesos que ocurren fuera del observador relacionados con la interacción luz-materia (absorción, transmisión y reflexión) sin los cuales no sería posible que se produzcan los fenómenos perceptivos. En tanto desde una perspectiva netamente física, se suele atender principalmente a la naturaleza de la luz y a los procesos de absorción, reflexión y transmisión que los objetos producen cuando incide sobre ellos la radiación, pero no se ocupan (y si lo hacen es a partir de una sintética descripción) de la importancia del sistema visual en los procesos perceptivos, sin cuya función tampoco los mismo se llevarían a cabo. A su vez el desarrollo de estos temas suele limitarse a la descripción de fenómenos, hechos o datos, más que a la interpretación y

explicación de los mismos a partir de los modelos propuestos por la ciencia. Y dichos modelos suelen ser explicitados, transmitidos, por el docente en algún momento de la instrucción pero su uso (y el desarrollo de la habilidad de usarlos) en distintos contextos, por lo general no se ve propiciado (Bravo, 2008). La metodología dominante suele ser expositiva donde el docente, mediante clases magistrales, “explica la ciencia”, sin atender a las ideas previas de los estudiantes y a la naturaleza del saber que comparten previo a la instrucción. El aprendizaje de las ciencias se asocia desde esta perspectiva, más a la memorización del saber científico que a su interpretación. Y consecuentemente con ello, durante la evaluación se busca la reproducción de lo “aprendido” en clase.

En un trabajo previo, donde analizamos las ideas de los estudiantes de educación secundaria y de futuros profesores de ciencias naturales, hallamos que este tipo de abordaje no favorecería un cambio sustancial en el modo de conocer de los alumnos ([3]). En concordancia con ello, y como ya se ha indicado con antelación, son varios los trabajos de investigación que muestran que pese a la instrucción los alumnos tienden a seguir explicando los fenómenos en términos intuitivos no coherentes con los científicos.

Intentando revertir esta situación y propiciar un aprendizaje significativo del saber de las ciencias diseñamos una propuesta de enseñanza que fue implementada con un grupo de alumnos de Educación Secundaria de 13–14 años de edad. La metodología de enseñanza implicada (que en Bravo, Pesa y Rocha [18] se describe minuciosamente) se caracterizó por:

- Abordar de forma interdisciplinaria y paulatina el modelo de la ciencia escolar descrito con antelación (y asociada a la categoría IV presentada en la tabla II). Para ayudar a los estudiantes a superar la “brecha” ontológica, epistemológica y conceptual que separa a su saber inicial del un saber más cercano al modo de conocer científico; el abordaje del modelo se realizó de forma paulatina. Se inició el estudio de la visión con el análisis de situaciones sencillas y cotidianas que permitieran a los alumnos reconocer explícitamente la importancia de la luz, los objetos y los ojos en el acto de ver. Luego se les propuso el estudio de las interacciones “duales” que se establecen entre ellas: luz – objeto primero y luz – sistema visual en segundo término. Finalmente se integraron dichas interacciones en un único y sistémico modelo que permite explicar cómo vemos.

- Presentar actividades que permitan 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.

- Incorporar paulatinamente el estudio de fenómenos de complejidad creciente que permitan a los alumnos reconocer la existencia de múltiples variables de las cuales dependen el proceso de visión y estudiar los procesos de interacción que se producen entre ellas.

- Incorporar hacia el final de la enseñanza el abordaje de situaciones problemáticas que implican atender a todas las variables e interacciones. 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.

- Proponer un abordaje interrelacionado y recurrente de los contenidos que permita a los estudiantes interpretar el fenómeno de la visión en contextos de situaciones cotidianas haciendo uso de modelos, modos de hacer y actuar cada vez más coherentes con lo propuesto por las ciencias.

Simultáneamente a la profundización de contenidos la propuesta prestó especial atención a los espacios de reflexión metacognitiva, propiciando que los estudiantes:

- logren reconocer al conocimiento científico como un modo de conocer alternativo al suyo pero potencialmente útil para explicar diversas situaciones y que aprendan a aplicarlo con consistencia y coherencia argumentativa. La importancia de esta instancia radica en que se asume que el aprendizaje no implica sustitución de concepciones, y por tanto que coexistirán en la mente del estudiante sus ideas iniciales y las construidas con la enseñanza. La propuesta de enseñanza debe entonces ayudar al alumno a aprender a gestionar concientemente y con criterio el modo de conocer a utilizar en función del contexto y la demanda del problema al que se enfrente.

- Ser concientes y reflexionar críticamente respecto del proceso de aprendizaje experimentado a lo largo de toda la instrucción y de lo que implica aprender ciencias. Esta instancia es crucial para ayudar a los alumnos a que desarrollen actitudes críticas sobre el propio proceso de aprendizaje, reconociendo qué aprendieron y cómo aprendieron, a fin de clarificar aquellas herramientas que podrán seguir usando para seguir aprendiendo.

Las actividades diseñadas que conformaron la propuesta de enseñanza fueron diversas (incluyeron por ejemplo: actividades de lápiz y papel y experimentales; la exposición del profesor interaccionando con el gran grupo a través de la realización de actividades experimentales o resolución de situaciones problemáticas) y comprometieron tanto a alumnos como docente e implicaron trabajos individuales y grupales. Dichas actividades fueron organizadas en las cuatro fases de instrucción que se presentan y describen en la Tabla III.

La dinámica propuesta para la resolución de las actividades planteadas implicó una primera instancia de trabajo individual de los estudiantes quienes, haciendo uso de sus ideas (iniciales o construidas a lo largo del proceso de aprendizaje escolar) debieron resolver las tareas planteadas. El objetivo principal de esta instancia es que los estudiantes expliciten y se hagan concientes de sus propias concepciones. En una segunda instancia los alumnos debieron compartir sus ideas con sus pares, trabajando en pequeños grupos. La intención de esta segunda fase es propiciar la socialización del conocimiento entre los estudiantes, brindando la oportunidad de compartir ideas, de respetar opiniones, de aprender a negociar, de admitir los propios errores y de “defender” sus ideas argumentando y

Bravo, Bettina, Pesa, Marta y Pozo, Juan Ignacio

justificando su parecer. Finalmente se propone una fase de socialización entre grupos, donde el docente es el encargado de guiar la discusión.

TABLA III. Secuencia de actividades.

Instancia	Estrategias - objetivo didácticos
Iniciación	Motivar (interesar) al alumno por el contenido a abordar a partir de la presentación de distintos problemas - Motivar al alumno para explicitar sus propias ideas - Clarificar e intercambiar ideas previas, señalando sus límites de validez y limitaciones.
Información	Explicitar las variables, relaciones e interacciones entre conceptos al presentar los modelos de visión y percepción del color - Presentar de manera relacionada e integrada los modelos propuestos desde la ciencia escolar - Analizar la potencialidad de las ideas de la ciencia para resolver y dar respuesta a los problemas planteados - Estimular en los estudiantes la participación activa y el planteo permanente de sus dificultades y dudas - Estimular la elaboración de explicaciones, para resolver diversas situaciones, haciendo uso de las ideas construidas - Enseñar explícitamente procedimientos característicos del quehacer científico - Hacer alusión explícita a la naturaleza y construcción del conocimiento científico y al perspectivismo de ideas.
Aplicación	Orientar a los alumnos a utilizar las nuevas ideas en diferentes situaciones - Animar a los alumnos a evaluar sus ideas, desarrollarlas y aplicarlas para explicar los fenómenos en estudio.
Síntesis y Conclusión	Sintetizar y Evaluar el cambio en las ideas - Evaluar la potencialidad de las nuevas ideas - Generar espacios de toma de conciencia y reflexión crítica respecto del proceso de aprendizaje experimentado a lo largo de toda la instrucción y de lo que implica entonces aprender ciencias - Plantear nuevas preguntas abiertas que motiven a los estudiantes a seguir aprendiendo.

La implementación de la propuesta involucró un docente cuya función principal fue la de guía y orientador del proceso de aprendizaje, siendo el responsable de presentar las ideas de la ciencia escolar, enseñar explícitamente procedimientos característicos del quehacer científico, despertar el interés y la curiosidad de los alumnos, ayudándolos a hacer explícitas sus ideas, propiciando que sean conscientes de lo que piensan; animándolos a desarrollarlas, argumentarlas, contrastarlas y aplicarlas para explicar experiencias cotidianas. Así también, atender a las ideas manifestadas por ellos en las distintas etapas de la instrucción a fin de ayudarlos a construir otras nuevas, aplicarlas en distintos contextos y ser conscientes del aprendizaje experimentado (para más detalle sobre el rol del docente ver Bravo, Eguren y Rocha, [19]).

II. ESTUDIO EMPIRICO

En este trabajo estudiamos qué y cómo aprenden los estudiantes de educación secundaria, en relación a los

modelos que la ciencia propone para explicar la visión, cuando se guía su aprendizaje a partir de la metodología de enseñanza especialmente diseñada para esta investigación y cuando se implementa una metodología de enseñanza tradicional. Para ello se estudia el modo de conocer de dos grupos de alumnos (el experimental que aprende mediante la propuesta diseñada y el control que recibe una enseñanza tradicional) en tres instancias: antes de la instrucción (instancia pretest), inmediatamente después de su implementación (instancia postest) y luego de que pasaron tres meses desde la culminación del proceso de enseñanza (instancia demora). A partir de estos datos se analiza el nivel de conceptualización que alcanzan los estudiantes de ambos grupos y la influencia de la instrucción sobre el aprendizaje experimentado en cada caso.

III. OBJETIVOS

- Caracterizar (antes y después de la enseñanza) el conocimiento de los alumnos acerca del proceso de visión. Dicha caracterización implica estudiar el modelo explicativo compartido, lo que requiere estudiar el reconocimiento de las variables e interacciones a las que los estudiantes atienden al momento de elaborar una explicación respecto de las temáticas mencionadas.

- Evaluar (cuantitativa y cualitativamente) el aprendizaje experimentado por los alumnos respecto a la visión como producto de la intervención didáctica y tomando como indicativo de tal proceso los cambios que pudieran manifestarse respecto al modelo explicativo que utilizan los sujetos antes y después de la instrucción.

- Analizar y evaluar estadísticamente las diferencias entre los resultados alcanzados por el grupo experimental con el que se desarrolla la propuesta didáctica diseñada y el grupo de control, en el cual se implementa una metodología de enseñanza tradicional.

IV. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se opta por un diseño factorial intergrupo de dos grupos no aleatorios (de N = 32 alumnos en el grupo experimental y N = 35 alumnos en el grupo control) con medidas pretest – postest – postest demora, con grupo cuasi control. Se estudia la influencia (e interrelación) de las variables independientes (momento de la instrucción: pre, post y demora; propuesta de enseñanza: innovadora y tradicional y categoría de respuesta: las descritas en la Tabla II) sobre la variable dependiente representada por la probabilidad con que los grupos de sujetos usan las distintas concepciones (subyacentes a las categorías I, II, III y IV descritas en la Tabla II).

V. PARTICIPANTES

Se trabaja con dos cursos completos de alumnos de edades comprendidas entre los 13 y 14 años, de establecimientos

educativos de la ciudad de Olavarría (Bs. As. Argentina). Los mismos pertenecen a 2° año de Educación Secundaria. Uno de dichos grupos, conformado por 32 alumnos, se constituye en el grupo experimental y el otro curso integrado por 35 alumnos conforma el grupo control. Como se trabaja con los cursos completos de estudiantes la confección de los grupos estuvo a cargo de los colegios a los que pertenecen, a priori e independientemente de este trabajo. A su vez, los grupos no fueron elegidos al azar, sino que se trabajó con docentes y establecimientos educativos que se mostraron interesados y dispuestos a participar. No obstante, y tal como se muestra en la sección “Resultados”, se controló que estos grupos resultarán conceptualmente homogéneos antes de la instrucción.

A fin de garantizar de algún modo la homogeneidad profesional de los docentes a cargo de los grupos, se tomó como indicador que fuesen Profesores Universitarios de Física y Química, que hubiesen obtenido su título de grado en los últimos diez años, en la misma institución educativa y compartiendo un mismo programa de estudio y con ello una formación didáctica común.

Ambas propuestas de enseñanza (la especialmente didáctica diseñada en esta investigación y la tradicional) se implementaron en el Área de Ciencias Naturales. La implementación de la propuesta diseñada implicó un tiempo total de aproximadamente 16hrs. La propuesta implementada en el grupo control conllevó un tiempo aproximado de 10hrs (tiempo que habitualmente el docente le otorga al desarrollo de este tema).

Conforme se implementó la propuesta aquí diseñada se realizaron encuentros periódicos con el docente encargado de llevarla al aula durante los cuales 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. El docente del grupo control, en tanto, implementó la propuesta que habitualmente utiliza para enseñar la temática visión sin intervención de los investigadores que realizan este trabajo.

VI. INSTRUMENTOS

Se utilizan en este estudio Cuestionarios de problemas que permiten evaluar el tipo de ideas que usan los estudiantes cuando deben elaborar sus explicaciones. Las problemáticas planteadas (4 en total) comprometen situaciones cotidianas y conocidas para los alumnos. Algunas de ellas implican responder directamente: ¿cómo y por qué vemos los objetos que nos rodean? y otras presentan a este fenómeno contextualizado en distintas situaciones cotidianas, con el objetivo de conocer si los estudiantes son capaces de aplicar su conocimiento en distintos contextos.

En el Anexo se presentan, a modo de ejemplos, algunas de las problemáticas planteadas. Si bien los cuestionarios utilizados en las distintas instancias de análisis (pre, post y demora) no fueron los mismos, sí se intentó que todos

tuvieran el mismo tipo de problemáticas (y con ello situaciones a analizar análogas).

VII. ANÁLISIS DE DATOS

C. Criterios de análisis

Para poder evaluar las ideas que los estudiantes tienden a utilizar al momento de elaborar una explicación, se llevó a cabo un análisis minucioso de las respuestas que cada uno dio a las actividades propuestas en el cuestionario de problemas. Esto implicó detectar qué variables (luz, sistema visual, objetos) e interacciones (iluminación, reflexión, absorción y/o transmisión y estimulación del sistema visual: percepción) se involucraron explícitamente en cada una de las explicaciones elaboradas por cada alumno. Este análisis se realiza con el objetivo de categorizar las respuestas que dieron los estudiantes, para luego calcular la probabilidad media con que usan las concepciones subyacentes a las distintas categorías de respuestas descritas en la Tabla II, y finalmente hallar la probabilidad del grupo al uso de los distintos modelos explicativos.

Para incluir las respuestas de los alumnos en una de las categorías preestablecidas inicialmente (o en alguna nueva que pudiese definirse a partir de las explicaciones que los estudiantes elaboran), se estudia cuáles son los elementos a los que atienden explícitamente para explicar el proceso perceptivo como así también la función que le otorgan a cada uno de ellos y las interacciones o procesos que entre los mismos reconocen. Así por ejemplo las respuestas del tipo: “veo porque tengo ojos”; “el sistema visual permite ver”; “en la oscuridad mi ojo no ve”; “no veo si no miro”; “el sistema visual del observador es de 180° por eso no veo lo que hay detrás de mí”, fueron incluidas en la categoría I. En la categoría II, agrupamos las explicaciones basadas en razonamientos de causalidades lineales simples, donde se le atribuye a la luz un papel primordial y explícito, en el proceso de ver. Así se incluyeron en esta categoría explicaciones como: “para ver debe haber luz porque mi ojo no ve tan claramente si ella no está”; “vemos detrás de cuerpos transparentes porque éstos transmiten la luz y entonces el objeto permanece iluminado”, “veo porque la luz ilumina el objeto”. Es importante comentar aquí que los alumnos tienden a utilizar el término “reflejar” como sinónimo de “iluminar” y una vez detectado esto, se asume que cuando dicen “la luz refleja el objeto y lo podemos ver”, están refiriéndose al proceso de iluminación, en tanto cuando explican que “los objetos reflejan luz” o “la luz rebota en los cuerpos” están haciendo alusión al fenómeno de la reflexión, tal como la ciencia lo concibe.

Respecto de esta categoría II, suele aparecer un modelo alternativo al incluido en ella originalmente. Así los alumnos intentando aplicar o utilizar ideas presumiblemente desarrolladas en clase, propuestas en los libros de textos y/o utilizadas previamente para resolver algunas cuestiones problemáticas, elaboran explicaciones alternativas, incompletas e incorrectas respecto de lo propuesto por la ciencia. En tal sentido, por ejemplo,

Bravo, Bettina, Pesa, Marta y Pozo, Juan Ignacio

asumen que vemos porque “la luz ingresa al ojo, pasando por los distintos elementos que lo constituyen, para llegar finalmente a la retina y formarse la imagen” o explican que “la luz incide en el ojo y allí se refleja y va hacia los objetos permitiéndonos verlos”. Estas respuestas, que intentan atender a la interacción luz- sistema visual en el proceso de ver un objeto, las hemos considerados incorrectas en el contexto de la ciencia escolar, en tanto se concibe que es la luz emitida por la fuente la que debe incidir en el ojo, ignorando entonces el papel del objeto y las múltiples interacciones que se dan entre él y la luz incidente. Así, decimos incluir estas explicaciones dentro de la categoría II porque, al igual que la idea inicialmente involucrada allí, se otorga a la luz un papel primordial en el proceso de ver, aunque la función que se le atribuye sea diferente (“llegar al ojo” en el alternativo e “iluminar” en el que originalmente se incluyó en dicha categoría). A su vez, a ambas concepciones subyacen los mismos principios conceptuales y ontológicos como así también formas de razonar, que implica atribuir una causalidad lineal simple y activar un razonamiento mono-variado, donde la variable reconocida explícitamente es la luz, en tanto el sistema visual (y el objeto) desempeñan un papel más pasivo (el sistema visual ve, y el objeto es importante porque de no estar no habría nada que ver).

Finalmente, respuestas del tipo: “para ver, el objeto deber reflejar la luz y el ojo mirarlo”, fueron incluidas en la categoría III, puesto que en la IV se incluyen solo aquellas respuestas que además de la interacción luz – objeto, reconozcan explícitamente la interacción luz reflejada – ojo o sistema visual (concibiéndose explícitamente que la luz reflejada por los objetos debe llegar al ojo para que el observador vea). Así se incluyen en la categoría IV, ideas del tipo “sin luz, los objetos no pueden reflejar y no ingresará luz proveniente de ellos a los ojos por lo que no podremos ver”; “si me tapo los ojos no veo porque la luz reflejada por los objetos no pueden incidir en ellos, ya que interpuse un cuerpo que no transmite la luz”; “veo porque la luz reflejada por los objetos llega a mis ojos y estimula el sistema visual”.

D. Tratamiento de datos

A fin de caracterizar las ideas de cada grupo de alumnos se realiza un tratamiento de datos análogo al propuesto por Gómez Crespo [20] (ver también Gómez Crespo y Pozo, [21]). Se otorgó una puntuación media a cada sujeto respecto de la probabilidad de uso de las distintas concepciones subyacentes a las categorías de respuesta y en función de los datos obtenidos en cada grupo y momento de la instrucción se realizó un análisis ANOVA sobre un diseño factorial 2 x 3 x 4 (dos propuestas de enseñanza, tres momentos de análisis y cuatro categoría de respuestas). A partir de él se estudia la influencia que las distintas variables independientes tienen sobre la probabilidad con que son usadas las diversas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías previamente definidas). Se analizan para ello las siguientes interacciones:

- *propuesta de enseñanza x momento x categorías*, con el objetivo de obtener datos concretos que permitan concluir sobre la manera en que influye los distintos procesos de enseñanza sobre el modo de conocer que los estudiantes utilizan para explicar ambos fenómenos. En tal sentido estudiamos si los mismos propician el aumento significativo de la probabilidad con que se usan las concepciones coherentes con las de la ciencia (y en relación con ello favorece la disminución del uso de ideas intuitivas).

- *propuesta de enseñanza x categoría* en cada momento a fin de indagar si los grupos, debido a la influencia de la instrucción, terminan compartiendo un modo de conocer análogo (y si no en qué consisten las diferencias).

- la influencia de la variable *categoría*, en cada grupo y momento a fin de detectar cuál/les concepción/nes son utilizadas por los estudiantes con mayor probabilidad.

En todos los casos se complementa el ANOVA realizado con el test post hoc (Test comparativo de Duncan) que permite conocer en qué consisten las diferencias enunciadas por el análisis de varianza respecto de cada interacción analizada.

VIII. RESULTADOS

La Fig. 1 muestra la probabilidad con que los alumnos de ambos grupos utilizan las distintas concepciones antes de la enseñanza.

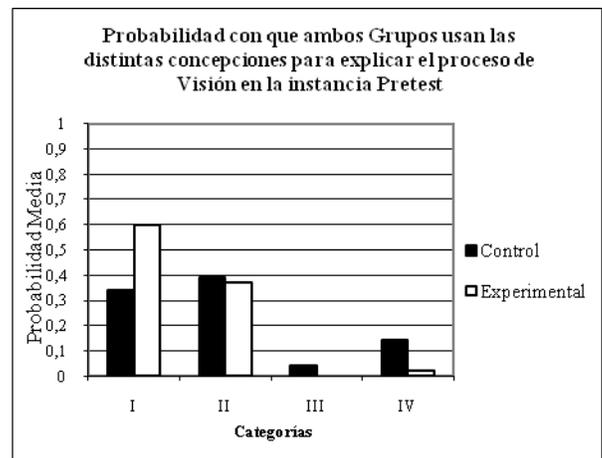


FIGURA 1. Probabilidad con que el Grupo Experimental y el Control usan las distintas concepciones en la instancia pretest

El análisis estadístico de los datos revela que la interacción *propuesta de enseñanza x categoría* resulta significativa ($F(269, 3) = 6,48$; $p = 0,0003$), lo que implica que existen diferencias en la manera en que los grupos explican este proceso perceptivo.

Los resultados del test post-hoc revelan que el grupo control usa con una probabilidad estadísticamente menor que el experimental ($p < 0,01$) la concepción subyacente a la categoría I (que involucra ideas netamente intuitivas) y

con una significativamente mayor (pero sólo con $p < 0,05$) las involucradas en la categorías IV (a la que subyace la explicación de la ciencia escolar). Es decir el punto de partida de los alumnos del grupo control parece ser más favorable que el del experimental.

Al hacer un análisis intragrupo, para estudiar la influencia de la variable *categoría* sobre el tipo de concepciones que los estudiantes usan para elaborar sus respuestas (y poder así clarificar su modo de conocer), se obtiene que en ambos casos dicha influencia resulta estadísticamente significativa ($F(132,3) = 45,82$; $p < 0,0001$ para el grupo experimental y $F(160,3) = 21,29$; $p < 0,0001$ para el grupo control). El test comparativo de Duncan revela que el grupo experimental usa las ideas netamente intuitivas subyacentes a la categoría I con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) que a las demás. En el grupo control se halla que son las ideas subyacentes a las categorías I y II (que se utilizan sin diferencias significativas entre sí) las que se usan con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) que con la que se usan las concepciones más coherentes con las de la ciencia (como las involucradas en las categorías III y IV, que también se usan sin diferencias significativas entre sí).

Es decir que los dos grupos elaboran sus explicaciones utilizando con mayor probabilidad un modo de conocer cotidiano y activando razonamientos reduccionistas y no sistemáticos. Es por esta razón que a fines de este estudio, consideramos a estos grupos como *conceptualmente homogéneos* dado que en definitiva comparten un *mismo modo de conocer: el intuitivo*.

Así por ejemplo alumnos del Grupo Experimental explican:

A1: *Vemos porque el punto negro que tenemos en el centro de nuestro ojo nos permite ver, así cuando el ojo está cerrado no vemos porque el punto negro está cubierto.*

A3: *"Veo porque tengo ojos y con estos puedo ver objetos, personas, etc".*

Alumnos del grupo Control, por su parte, explican por ejemplo:

A28: *"Vemos gracias al ojo, dentro del ojo tenemos al iris y la pupila. La pupila es la que nos hace ver, si cerramos los ojos no podríamos ver o si tapamos con un dedo la pupila, y queda el iris destapado no podríamos ver igual. En cambio si apagas la luz algo puedes ver, la luz que entra de la ventana y aparte puedes ir tocando las cosas"*

A16: *Nosotros podemos ver la hoja ya que está presente todas las propiedades para que la podamos detectar con nuestra vista (es colorida, posee medidas y además hay la suficiente luz para que la podamos ver).*

Con el fin de analizar la influencia de las distintas metodologías de enseñanza sobre el modo en que los alumnos interpretan el proceso de visión, se presenta en las Figs. 2 y 3 cómo fue cambiando a lo largo del tiempo, la probabilidad con que se utilizaron las distintas concepciones (subyacentes a las cuatro categorías de respuestas previamente definidas) en el grupo experimental y control, respectivamente.

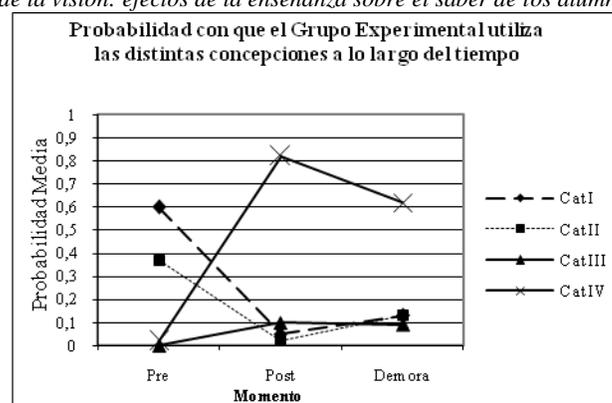


FIGURA 2. Probabilidad con que el Grupo Experimental usa las distintas concepciones a lo largo del tiempo.

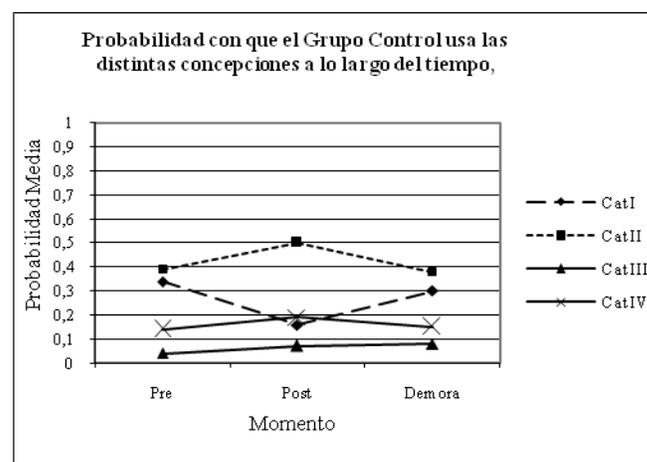


FIGURA 3. Probabilidad con que el Grupo Control usa las distintas concepciones a lo largo del tiempo.

El análisis estadístico de los datos, indica que la interacción *propuesta de enseñanza x momento x categoría* resulta estadísticamente significativa ($F(768;6) = 30,28$; $p < 0,0001$). Esto significa que existen diferencias en la manera en que los grupos utilizan las distintas concepciones en los diversos momentos de análisis. A su vez las interacción *momento x categoría* resulta significativa en cada grupo ($F(379;6) = 69,98$; $p < 0,001$ para el experimental y $F(408;6) = 3,09$; $p = 0,006$ para el control) lo que implica que tanto la propuesta de enseñanza innovadora como la tradicional (y el paso del tiempo) han propiciado cambios significativos en la probabilidad con que los estudiantes utilizan las distintas concepciones al explicar el proceso de visión.

El test post hoc revela que entre las instancia pre y postest, tanto la metodología de enseñanza tradicional como la innovadora propician la disminución significativa ($p < 0,01$) de la probabilidad con que los estudiantes elaboran sus respuestas en términos de las ideas netamente intuitivas (categoría I). Mientras que éste es el único cambio significativo que se observa en el grupo control, en el experimental se halla también una significativa disminución

Bravo, Bettina, Pesa, Marta y Pozo, Juan Ignacio

($p < 0,01$) del uso de las ideas subyacentes a la categoría II y un aumento (también significativo, con $p < 0,01$) de la probabilidad de que los estudiantes elaboren sus explicaciones a partir de las ideas de la ciencia escolar (categoría IV).

En la instancia posttest la interacción *propuesta de enseñanza x categoría* resulta significativa ($F(259,3) = 86,81$; $p < 0,0001$). Los resultados del test de Duncan revelan que el grupo control usa con una probabilidad estadísticamente mayor que el experimental las concepciones involucradas en las categorías I ($p < 0,05$) y II ($p < 0,01$), las cuales son de naturaleza intuitiva. En contrapartida con ello, el grupo experimental utiliza con una probabilidad significativamente mayor que el control ($p < 0,01$) las ideas de la ciencia escolar (Categoría IV). Sólo las ideas subyacentes a categoría III (ideas coherentes con las de la ciencia pero incompletas), son utilizadas por ambos grupos sin diferencias estadísticamente significativas y siempre con una probabilidad baja (menor que 0,1).

Un análisis intragrupo acerca de la influencia de la variable *categoría* sobre la manera en que los estudiantes explican el proceso de visión, permite caracterizar con mayor rigurosidad el modo de conocer de cada grupo y las diferencias halladas. El ANOVA realizado al respecto revela que la influencia mencionada es significativa en ambos grupos ($F(123,3) = 152,17$; $p < 0,0001$ para el grupo experimental y $F(136,3) = 21,72$; $p < 0,0001$ para el grupo control).

El hecho quizá más importante aquí (revelado por test post hoc), sea que los alumnos del grupo experimental, explican el proceso de visión utilizando con una probabilidad significativamente mayor que el resto ($p < 0,01$), la idea de la ciencia escolar (en tanto las demás concepciones son usadas en menor proporción y sin diferencias significativas entre ellas). Así por ejemplo alumnos de este grupo explican:

A10: “*Al ser la espalda un cuerpo opaco no te veo porque cuando la luz te ilumina reflejas la luz difusamente pero no puede llegar a mis ojos, ya que mi espalda no permite dejar traspasar la luz entonces no llega luz a mis ojos y así no se producen los procesos necesarios para ver, entonces no te veo*”

A11: Si apagamos la fuente de luz no vemos porque: “*no hay luz que se refleje en los cuerpos y que llegue a nuestros ojos*”

Si me tapo los ojos con un paño no veo porque el paño es un cuerpo opaco. Los cuerpos opacos son cuerpos que no transmiten luz (reflejan y absorben ésta) En este caso, cuando intento ver está el paño interponiéndose y éste no permite que la luz (que viene de los objetos) llegue a mis ojos.

Los alumnos del grupo control, en cambio, explican en esta instancia posttest (y de manera análoga a lo que hacían antes de la instrucción) en términos intuitivos, ya que utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que el resto ($p < 0,01$) la idea subyacente a la categoría II. Así por ejemplo responden que:

A5: *Si me tapo los ojos no veo porque “la venda no deja atravesar a la luz y entonces no podré ver lo que ocurre a mi alrededor”*

A34: “*Para ver, la luz que refleja a los objetos, tienen que llegar a mis ojos y al estar tapados, la luz no puede incidir en ellos*”

A4: *si apagamos la fuente de luz “a nuestros ojos no llegará nada de luz, ni se reflejaría nada de nuestros ojos para los objetos”*

El paso del tiempo vuelve a producir efectos de los menos deseados al propiciar un aumento significativo ($p < 0,05$) en la probabilidad de que los estudiantes elaboren sus explicaciones en términos de ideas intuitivas (subyacentes a la categoría I en el caso del control y a la II en el experimental). A su vez, efecto también negativo, en el grupo experimental se observa que con el transcurrir del tiempo disminuye significativamente ($p < 0,01$) la probabilidad con que los alumnos utilizan el sistémico modelo de la ciencia escolar (involucrado en la categoría IV).

No obstante, las diferencias en el modo en que los grupos conciben el proceso de visión en la instancia demora, son contundentes.

En tal sentido la interacción *propuesta de enseñanza x categoría*, resulta estadísticamente significativa ($F(236,3) = 34,86$; $p < 0,0001$). Los resultados del test post-hoc indican que los estudiantes del grupo experimental utilizan con una probabilidad estadísticamente mayor que el grupo control ($p < 0,01$) la idea de la ciencia escolar, en tanto usan con probabilidades estadísticamente menores que éste ($p < 0,01$), las ideas intuitivas subyacentes a las categorías I y II.

A su vez sigue siendo significativa la influencia de la variable *categoría* ($F(124,3) = 39,61$; $p < 0,0001$) y en tal sentido el test comparativo de Duncan revela que los alumnos del grupo experimental siguen elaborando sus explicaciones en función del modelo de la ciencia, utilizándolo con una probabilidad estadísticamente mayor que los demás ($p < 0,01$). Así por ejemplo explican que:

A4: “*La fuente de luz ilumina el objeto, en este caso la profesora, y como tiene superficies irregulares ocurre una reflexión difusa y también porque la profesora es un cuerpo opaco. Esa reflexión llega a nuestros ojos donde ocurre nuestro proceso de visión y veo a la profesora*”

A23: “*La mamá no puede ver el hijo ya que no le llega la suficiente luz para que lo ilumine y éste refleje parte de esa luz y llegue al sistema visual de la madre. El hijo la puede ver a la madre porque ésta está iluminada y refleja parte de la luz y llega a los ojos del niño*”

A8: “*Cuando un niño se esconde detrás de un árbol sus compañeros no lo ven porque cuando la luz incide en el árbol, el cual es un cuerpo opaco, no puede traspasar para que llegue al niño, entonces el árbol absorbe parte de la luz y parte la refleja hacia los ojos de los compañeros así ven solamente el árbol. Pero, en cambio si el niño estuviese detrás de una ventana sí lo verían porque, al ser la ventana un cuerpo transparente la luz que llega puede traspasar y llegar al niño, así parte la reflejaría hacia los ojos y así pudieran ver al niño*”.

Los estudiantes del grupo control por su parte (donde la variable categoría también presenta un efecto significativo, $(F(112,3) = 16,16; p < 0,0001)$) utilizan al igual que en la instancia *pretest*, con análoga probabilidad (sin diferencias significativas) las ideas subyacentes a las categorías I y II, pero con una probabilidad estadísticamente mayor ($p < 0,01$) a con la que utilizan las concepciones involucradas en las categorías III y IV. Así por ejemplo explican que:

A15: "Yo veo la profesora porque la luz es la que me va a permitir ver, o sea a la luz es que la veo"

A5 "Si se para detrás del árbol el chico no será visto ya que se escondió detrás de un objeto opaco por el cual no pasa la luz, lo contrario del vidrio"

A1: "Cuando la mamá entre a la habitación, también entran rayo de luz que hacen que la mamá se vea iluminada pero el hijo no tiene rayos de luz sobre él que permitan verlo iluminado entonces la madre no puede verlo"

A10: "Para ver hay que mirar porque el ojo capta al objeto que quiere si éste está iluminado"

VIII. CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos podemos extraer las siguientes conclusiones respecto del modo de conocer que los estudiantes activan al momento de elaborar sus propias explicaciones, y sobre la potencialidad de las distintas metodologías para propiciar el aprendizaje del saber de la ciencia.

Antes de la enseñanza los alumnos de ambos grupos tendían a explicar cómo vemos y por qué vemos como vemos a partir de ideas intuitivas. A ese modo de conocer compartido, lo hemos caracterizado por principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos de estado, hecho o dato y realismo ingenuo. En base a él los estudiantes activan razonamientos no sistémicos sino reduccionistas y monovariados, basándose en un saber construido cotidianamente, a partir de la información otorgada principalmente por sus sentidos. Así explican que "vemos porque tenemos ojos" (y en el mejor de los casos reconociendo también que la luz debe iluminar el objeto para poder verlo).

Las propuestas didácticas implementadas en los grupos potenció cambios esencialmente diferentes. Mientras que la innovadora propició la disminución del uso de ideas intuitivas y el aumento de la probabilidad a que se usen las de la ciencia escolar, la tradicional sólo favoreció la disminución de la tendencia a que los estudiantes elaboren sus respuestas en términos de las ideas subyacentes a la categoría I. Esto trajo como consecuencia que los grupos de alumnos culminaran explicando de manera diferente el proceso de visión. En tal sentido, los estudiantes con quienes se implementó la propuesta didáctica diseñada en esta investigación, elaboraron sus explicaciones en términos de las ideas de la ciencia escolar, siendo el modo de razonar activado plurivariado (en tanto se reconocen los tres elementos involucrados) y sistémico (en tanto se interpreta la función de cada uno en términos de interacciones múltiples). Al conocimiento compartido por ellos en esta

instancia, lo hemos caracterizado por principios ontológicos y conceptuales de interacción y sistema, en un proceso de superación del principio epistemológico de realismo ingenuo que caracteriza al saber intuitivo.

La instrucción tradicional implementada con los alumnos del grupo control, en tanto, no habría favorecido la construcción significativa de modelos coherentes con los de la ciencia, y en relación a ello no habría propiciado un cambio en el modo de conocer inicialmente compartido por los estudiantes. De hecho, después de la instrucción, y al igual que en la instancia *pretest*, los alumnos explicaron el proceso de visión, a partir de un razonamiento reduccionista basado en causalidades lineales simples, concibiendo que vemos porque "la luz ilumina el objeto y el observador lo mira".

El paso del tiempo, por su parte, potenció el hecho de que los alumnos del grupo control vuelvan a explicar el fenómeno de la visión en términos netamente intuitivos, análogos a los que lo hicieron antes de comenzado el proceso de enseñanza. La enseñanza tradicional, entonces, no promovería un cambio radical en el modo de conocer de los alumnos, inherente a los principios ontológicos, conceptuales y epistemológicos que a él subyacen, ya que antes y después de la instrucción, los estudiantes tienden a utilizar un conocimiento intuitivo, construido en base al sentido común y la experiencia cotidiana.

El transcurrir del tiempo no afectó a la manera en que el grupo experimental explicó el proceso de visión (en comparación con la instancia *postest*) ya que aún en la instancia demora siguieron elaborando las explicaciones en términos de la ciencia escolar. Estos alumnos fueron capaces aplicarlas las ideas construidas para elaborar sus propias explicaciones en múltiples contextos.

En función de lo dicho podemos concluir que la propuesta didáctica implementada en el grupo experimental, no sólo promovió el desarrollo del modo de conocer de los estudiantes, desde uno intuitivo a otro más coherentes con la de la ciencia, sino que el aprendizaje ha sido tal que los alumnos pueden seguir utilizando los modelos por ella propuestos a lo largo del tiempo y aplicándolos para elaborar sus explicaciones respecto del fenómeno de visión. La propuesta de enseñanza tradicional, en tanto, no habría potenciado un cambio radical en el modo de conocer de los estudiantes ya que ellos, pese a la instrucción y al paso del tiempo, siguen tendiendo a explicar este fenómeno a partir de un modo de conocer intuitivo.

E. Consideraciones finales

Los resultados obtenidos en este estudio dejaron en evidencia que es posible propiciar el aprendizaje de la ciencias en Educación Secundaria, pensando a este proceso como un cambio sustancial en el modo de conocer, el cual implica el paso paulatino de un saber intuitivo a otro cada vez más coherente con el de la ciencia.

Con el objetivo de hallar la mayor cantidad de indicadores posibles que permitan evidenciar los factores que conducen a dicho aprendizaje, analizamos la influencia

Bravo, Bettina, Pesa, Marta y Pozo, Juan Ignacio

de otras variables sobre el tipo de concepciones utilizadas luego de la instrucción (puntualmente la influencia de la tarea, del contenido y del accionar docente) y estudiamos cómo fue cambiando el modo de conocer de los estudiantes conforme avanzó el proceso de enseñanza evitando de este modo que el trabajo se reduzca al estudio de las instantáneas pre–postest (algunos de los cuales han sido analizado en Bravo, Eguren y Rocha, 2009; Bravo, Pesa y Pozo, 2009)

En próximos trabajos nos abocaremos a analizar integradamente los aspectos mencionados, intentando seguir presentando datos concretos que permitan comprender cada vez con mayor rigurosidad cómo aprenden ciencia los estudiantes y qué estrategias de enseñanza resultan más eficaces para propiciar dicho aprendizaje.

REFERENCIAS

- [1] Andersson, B. & Kärrqvist, C., *How Swedish pupil, aged 12 - 15 years, understand light and its properties*, International Journal of Science Education **5**, 387-402 (1983).
- [2] Bravo, B. y Rocha, A., *Los modos de conocer de los alumnos acerca de la visión y el color: síntesis de resultados*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **7**, 582-596 (2008).
- [3] Bravo, B., Pesa, M., Pozo, J. I., *Los modelos de la ciencia para explicar la visión y el color: las complejidades asociadas a su aprendizaje*, Enseñanza de las ciencias **28**, 113-126 (2010).
- [4] Feher, E. & Meyer, R., *Children's conceptions of color*, Journal of Research in Science Teaching **29**, 505-520 (1992).
- [5] Galili, I., Hazan, A., *Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis*, International Journal of Science Education **22**, 57-88 (2000).
- [6] Guesne, R. Light. En: Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien (Eds.) *Children's Ideas in Science*, (Open University Press, Philadelphia, 1984).
- [7] Pesa, M., *Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes*, (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, 1997).
- [8] Verkerk, G. y Bouwens, R. E. A., *Learning optics from seeing light*, Proceeding of the conference. International Conference on physics education, (Universidad do Minho, Portugal, 1993).
- [9] Viennot, L., *Reasoning in physics: the part of common sense*, (Kluwer academic publishers, Londres, 2001).
- [10] Gregory, R. L., *Eye and Brain. The psychology of Seeing*, (Weidenfeld and Nicolson PRSA, London, 1990).
- [11] Pozo, J. I., *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*, (Morata SL, Madrid, 2001).
- [12] Pozo, J. I. y Gómez, C. M., *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, (Morata SL, Madrid, 1998).
- [13] Salinas de Sandoval, J. y Sandoval, J., *Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes*, Revista Enseñanza de Física **10**, 32–34 (1996).
- [14] Bravo, B., Pesa, M., Pozo, J. I., *The learning of sciences: a gradual change in the way of learning*, The case of vision, Investigações em Ensino de Ciências **14**, 299-317 (2009).
- [15] Vosniadou, S. y Brewer, W. F., *Mental models of the day/night cycle*, Cognitive Science **18**, 123-183 (1994).
- [16] Chi, M. T. H., *Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science*, En: Limón, M. y Mason, L., (eds.) *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, (Kluwer academic publishers, Londres, 2002).
- [17] Bravo, B., *La enseñanza y aprendizaje de la visión y el color en educación secundaria obligatoria*, (Tesis Doctoral no publicada, Departamento de psicología Básica, Universidad Autónoma de Madrid, 2008).
- [18] Bravo, B., Pesa, M. y Rocha, A., *La visión y los fenómenos ópticos*, Una propuesta para su enseñanza Revista novedades educativas **237**, 32-39 (2010).
- [19] Bravo, B., Eguren, L. y Rocha, A., *El rol del docente en la enseñanza de la visión en educación secundaria*, Un estudio de caso, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **9**, 283-375 (2010).
- [20] Gómez, C. M. A., *Aprendizaje e instrucción en Química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*, (Tesis Doctoral no publicada, Departamento de psicología Básica, Universidad Autónoma de Madrid, 2005).
- [21] Gómez, C. M. A. y Pozo, J. I., *Relationships between everyday knowledge and scientific knowledge: understanding how matter changes*, International Journal of Science Education **26**, 1325-1343 (2004).

ANEXO

- 1.- Explica lo que sucede para que tú puedas ver esta hoja. Complementa tu respuesta con un dibujo.
- 2.- ¿Por qué se dificulta la visión si: a) apagas las fuentes de luz presentes en la habitación (logrando, entonces, oscurecerla)? b) cierras los ojos? Justifica tus respuestas de la manera más completa y detallada posible
- 3.- Elabora la explicación más completas y detallada posible que le darías:
 - a) a tu profesor, si te pide que expliques que sucede para que vos puedas verla cuando está iluminada y se para adelante tuyo
 - b) a un niño que no entiende por qué no lo ven si se esconde detrás de un árbol, cuando juega a las escondidas, pero sí lo descubren si se para detrás de una ventana
 - c) a un niño que estando en una habitación en penumbras, “descubre” que él ve con bastante claridad a su mamá que acaba de entrar a la habitación pero su mamá no puede verlo a él?