

¿Qué ideas tienen los estudiantes respecto a la visión?

Marta A. Pesa - Leonor C. de Cuchamani*

- Resumen

Mediante un análisis de los modelos alternativos o conceptos previos de los alumnos sobre la luz, las autoras pretenden caracterizar tales ideas previas y ofrecer una alternativa de aprendizaje significativo de la óptica. Este artículo reivindica, frente a una instrucción tradicional, una tendencia constructivista el aprendizaje en la perspectiva de Ausubel.

- Abstract

Through an analysis of the alternative models or student previous concepts of light, the authors intend to characterise such previous ideas and provide an alternative for a meaningful learning as far as optics. In contrast to traditional teaching, a constructivist learning tendency -according to Ausubel's perspective- is vindicated in this article.

- Résumé

Les auteurs, par le biais d'une analyse des modèles alternatifs ou conceptions préalables des élèves sur la lumière, prétendent caractériser ces idées et proposer une alternative d'apprentissage significatif de l'optique. Cet article reprend, en opposition à l'instruction traditionnelle, une tendance constructiviste de l'apprentissage, dans la ligne d'Ausubel.

* Instituto de Física. Facultad de Cs. Exactas y Tecnología.
Avenida Independencia 1800 - (4000) Tucumán (Argentina)
Dirección: marta@herrera.unt.edu.ar

Palabras claves: enseñanza de la ciencia, aprendizaje significativo, instrucción, didáctica, constructivismo, mapas conceptuales

Keywords: Science teaching, meaningful learning, instruction, didactics, constructivism, concept maps.

INTRODUCCIÓN

Nuestras últimas investigaciones educativas sobre la conceptualización de los estudiantes de los ciclos básicos universitarios, referidas a la formación de imágenes con sistemas ópticos sencillos, tanto de Óptica Física como de Óptica Geométrica (Pesa et. al. 1995a y 1995b,c), han mostrado que los estudiantes tienen dificultades para interpretar el rol del detector más usual, el ojo del observador, en la formación y visión de las imágenes. Ello conduce a respuestas incorrectas en las predicciones, planificaciones de experiencias e interpretaciones de los datos experimentales. Estos resultados muestran que, en la enseñanza de la óptica, sería necesario poner mayor énfasis sobre características, limitaciones y principios fundamentales del sistema visual, aspectos no tenidos en cuenta durante la instrucción tradicional (Pesa et al. 1995d).

Como consecuencia, y a fin de disponer de criterios más sólidos que permitan diseñar una propuesta instruccional cuya meta sea lograr un aprendizaje significativo (Ausubel 1978, Moreira 1990) de la Óptica, nos proponemos investigar con mayor profundidad acerca de las características de los modelos alternativos que los aprendices utilizan para explicar cómo vemos y por qué vemos. Estas investigaciones fueron realizadas con alumnos de las carreras de Licenciatura y Bachillerato en Física, utilizando mapas conceptuales (Moreira et. al. 1987). Los resultados se complementan con los obtenidos, con muestras más numerosas de las carreras de ingeniería, utilizando cuestionarios como instrumentos de investigación.

En el presente trabajo se interpretan los mapas a la luz del modelo de aprendizaje significativo de Ausubel, se analizan los niveles de aprendizaje alcanzados en distintas etapas del mismo, se complementan y comparan los resultados con la información obtenida de los cuestionarios, se presenta una propuesta instruccional que incorpora gradualmente al sistema visual como un sistema capaz de detectar, procesar e interpretar la información visual.

MARCO TEÓRICO

El trabajo se encuadra en el paradigma definido por Novak (1988), como **aprendizaje constructivista**. En este paradigma, la ciencia es interpretada como una construcción humana, y el aprendizaje es considerado como:

- * un proceso de construcción en la mente de cada alumno (**re y co-construcción**);
- * una construcción de **significados**, por interacción, entre los esquemas mentales propios y las características del medio de aprendizaje;
- * un proceso de elaboración **colectiva** en el que se confrontan ideas, se intercambian argumentaciones, se negocian y se obtienen consensos de significados (Vygotsky 1989);
- * un proceso centrado en el aprendiz, quien, guiado y orientado por el docente, es **protagonista** de su propio aprendizaje (Gowin 1981).

En este enfoque, es innegable que las **ideas previas o modelos alternativos** constituyen un eje central del aprendizaje. Como se ha mostrado en numerosas investigaciones recientes, estos modelos se construyen con base en criterios, modos de razonar, propósitos y valoraciones que, si bien suelen ser suficientes para enfrentar las exigencias de la cotidianidad, difieren sustancialmente de los desiderata de precisión, coherencia, objetividad y sistematicidad del conocimiento científico (Cudmani et.al. 1991) y actúan como verdaderas "barreras críticas" (Driver 1988) u obstáculos epistemológicos (Bachelard 1972) para la comprensión de ciertos dominios de la ciencia.

Por ello, la teoría de Ausubel, centrada como en nuestro caso, en el aprendizaje dentro de un contexto educativo que surge en el aula y busca llegar a respuestas transferibles a la misma, ha sido elegida como marco fundamental de referencia. Esta teoría se ocupa específicamente de los procesos de enseñanza-aprendizaje de los conceptos científicos a partir de las conceptualizaciones previas a la instrucción formal. Pone el acento en la organización del conocimiento en estructuras y en las reestructuraciones que se producen debido a la interacción entre esas estructuras y la nueva información.

Como Vygotsky, Ausubel señala que esa reestructuración no se da espontáneamente sino que necesita de una instrucción formalmente establecida. Resalta el rol de guía del profesor como facilitador del aprendizaje, en contraposición a las adquisiciones dispersas del trabajo autónomo. Ausubel se aproxima así a una característica entendida como básica en el trabajo científico, donde es esencial el rol que juegan los docentes como directores de proyectos y los aportes de los pares a través de las discusiones, las críticas y las confrontaciones de ideas.

A su vez, los enfoques filosóficos contemporáneos (Nussbaum 1989) nos han inducido a los educadores en ciencias a una reflexión profunda acerca de las limitaciones e incoherencias de las concepciones tradicionales sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica. Hemos advertido que los aspectos sintácticos y sustanciales del conocimiento constituyen partes complementarias e indivisibles, tanto en la construcción y convalidación, como en el aprendizaje de las ciencias.

Por lo tanto, el aprendizaje significativo no incluirá sólo un cambio de ideas o la aceptación pasiva de otras dadas por el profesor, sino también, y lo que es más importante, **un cambio en el modo en que los aprendices encaran la resolución de problemas acerca de los fenómenos naturales** (Wheatley 1991).

Ello parecería requerir de una **familiarización** (Pesa et. al. 1996c) con nuevos **modos de razonar**, tales como:

- los razonamientos irreversibles,
- el uso riguroso de principios,
- la explicitación de la interacción entre variables, etc.

Se generan también nuevas exigencias epistemológicas como la búsqueda de la sistematización, la coherencia interna, la objetividad y la generalidad del conocimiento; aparecen nuevos valores cognitivos como, por ejemplo, la preferencia por las nociones abstractas (Cudmani et al. 1996). Procesos tan complejos no pueden producirse a corto plazo, sino gradualmente, con períodos de crisis, marchas y contramarchas.

Para encarar la compleja problemática que implica la enseñanza de las nociones científicas de la Óptica dentro de este modelo, se definieron tres líneas principales como ejes estructurales.

EJES ESTRUCTURALES

Los ejes estructurales que guían al trabajo de investigación son:

- * **la investigación de los modelos y formas de razonamientos alternativos (o intuitivos o precientíficos) referidos a la visión**, a fin de rescatarlos como puntos de partida, como **subsunoers** (Ausubel 1978, Moreira et.al. 1993) para elaborar las nociones científicas;
- * **la propuesta de caminos y herramientas metodológicas adecuadas que permitan al docente intervenir en la superación de los esquemas alternativos;**
- * Con base en experiencias controladas en un curso de física básica universitaria, **el análisis y la evaluación de los cambios de significado de las concepciones alternativas referidas a la visión durante el proceso de aprendizaje de las conceptualizaciones básicas de la Óptica.**

En este trabajo nos referiremos fundamentalmente al primero de estos ejes.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque general de la metodología utilizada es esencialmente interpretativo. Sin embargo, paralelamente, hay una búsqueda constante, a lo largo de todo el proceso de investigación, de sistematizar los resultados obtenidos en pautas generalizables y fundamentarlos con medi-

dones. Ello requiere, además del referencial teórico explícito, una recolección disciplinada y un análisis ordenado de los datos. La investigación fue realizada con alumnos que no habían recibido instrucción previa en esta temática.

Las técnicas principales utilizadas para la recolección de datos fueron: **los mapas conceptuales** (Moreira et.al. 1993) y los **cuestionarios con respuestas justificadas por los alumnos**.

La primera de estas técnicas ha mostrado ser una herramienta valiosa para investigar la estructura cognoscitiva de los estudiantes. Constituyen diagramas jerárquicos de conceptos, en general bidimensionales, que reflejan «las tramas cognitivas o significantes que elaboran las personas, mediante las cuales perciben y procesan las experiencias». Fueron utilizados en dos instancias y con dos modalidades:

- * para investigar las concepciones previas de cada estudiante,
- * para evaluar grupalmente los aspectos consensuados en las síntesis colectivas al final de la instrucción. (Novak 1988)

Los estudiantes que participaron en esta investigación tenían un entrenamiento mínimo en la realización de mapas conceptuales individuales y colectivos, adquirido durante un curso previo de electromagnetismo.

A fin de que los mapas adquirieran mayor significación para el investigador, y también, para asegurar mayor confiabilidad y objetividad en el análisis de los datos y las conclusiones, requerimos no sólo la explicitación de la relación entre conceptos, sino también la justificación de esas relaciones.

En cuanto a los cuestionarios (Cudmani et al 1985), éstos fueron seleccionados teniendo en cuenta sus ventajas frente a los tests objetivos. Facilitan la evaluación y clasificación de las respuestas, generando mejores posibilidades de encontrar las respuestas divergentes, ya sea por su excelente nivel de elaboración o, por el contrario, por el alto grado de incompreensión que revelan. Asimismo, favorecen la detección de confusiones y concepciones alternativas en procesos equivocados pero que conducen a respuestas «correctas» desde el punto de vista de los tests objetivos.

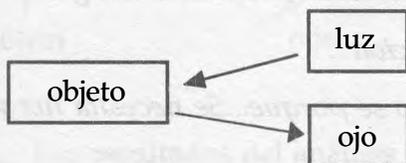
Fueron también aprovechados los datos provenientes de notas y comentarios de los docentes auxiliares, y las observaciones y los informes escritos de los alumnos.

En el Apéndice 1 presentamos algunas preguntas del cuestionario inicial y las consignas para la elaboración de los mapas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

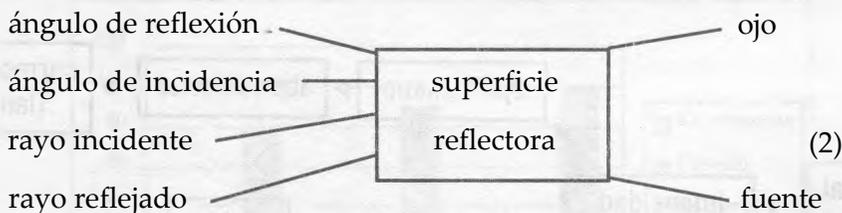
Presentamos, en primer término, algunos ejemplos de diagramas y mapas que, a nuestro criterio, fueron fuentes de información significativa con respecto a las concepciones alternativas de nuestros alumnos sobre la visión y, que en cierta forma, pueden considerarse paradigmáticos.

Ejemplos de Mapas Conceptuales



"Los objetos se ven porque la luz incide sobre ellos, se refleja y entra al ojo, donde se forma la imagen".

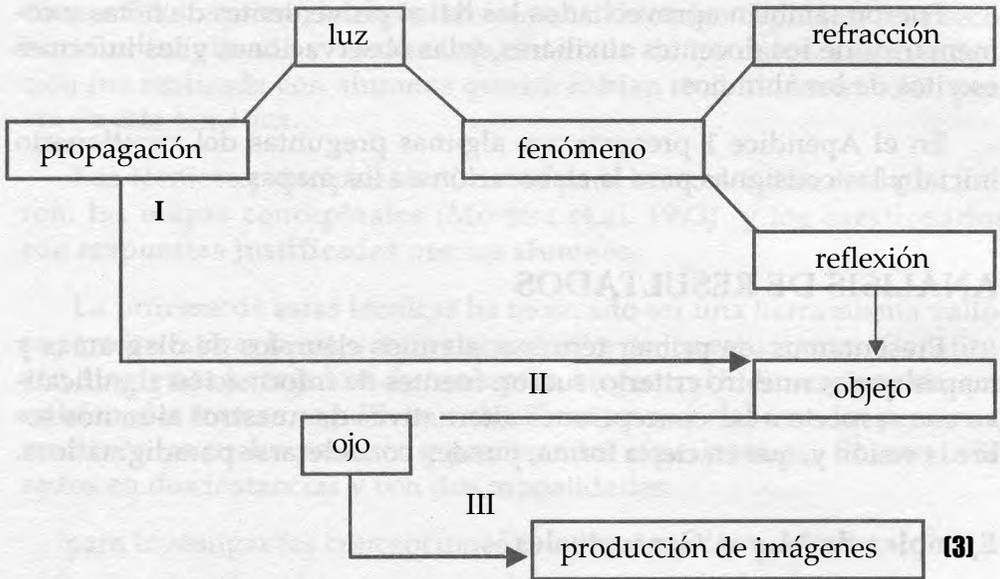
(1)



(2)

"Los objetos pueden verse porque reflejan la luz que incide sobre ellos", (el diagrama que acompaña al mapa muestra sólo reflexión especular).

¿QUÉ IDEAS TIENEN LOS ESTUDIANTES RESPECTO A LA VISIÓN?



I: "La luz incide sobre el objeto (productor de imágenes), se refleja y por el mismo proceso incide sobre el ojo donde se produce la imagen..."

II: llega al ojo por reflexión o propagación...

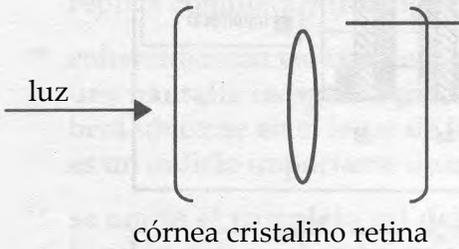
III: en el ojo se produce la imagen, no sé por que... Se necesita luz y objeto para formar la imagen...

(I, II y III representan los lazos de unión entre conceptos".



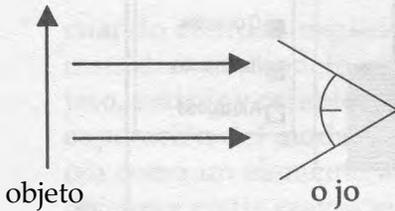
"El ojo humano es el elemento sensible a la observación. El objeto define sus características: color, forma, en base a la luz que incide".

Ejemplos de diagramas



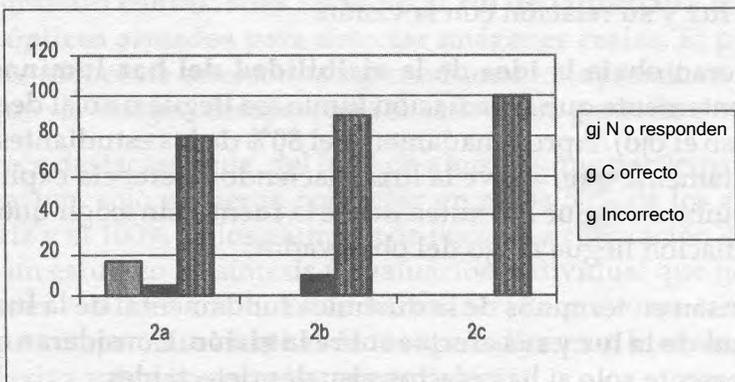
"Se deposita una imagen en la retina, que luego es llevada al cerebro a través de los nervios ópticos".

(5)

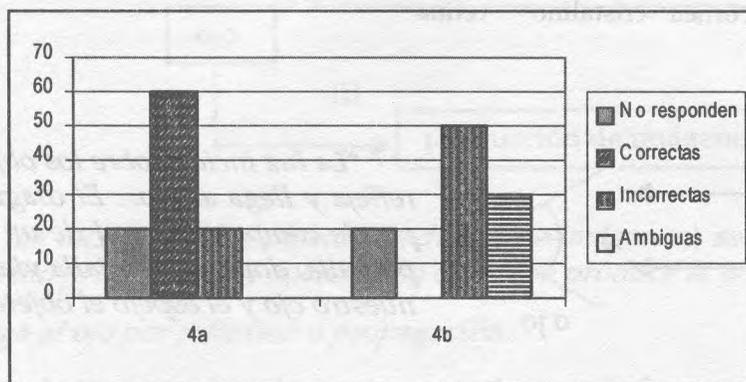
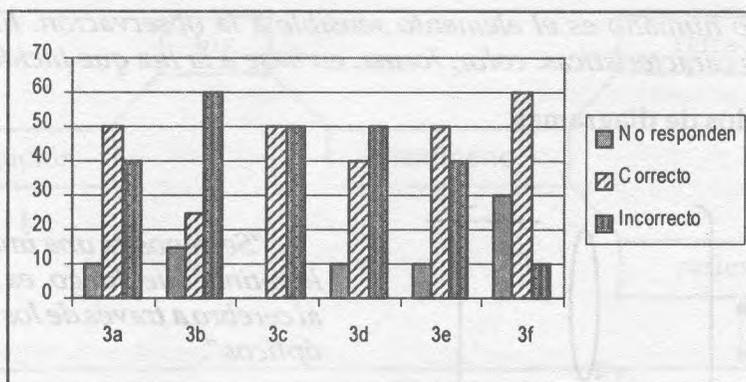


"La luz incide sobre los objetos, se refleja y llega al ojo... El diagrama se puede comparar con el de un espejo-pantalla, donde la pantalla viene a ser nuestro ojo y el espejo el objeto".

Los resultados del análisis de las respuestas a los ítems 2 (a, b, c), 3 (a,b,c,d,e,f) se ilustran en los gráficos dados a continuación.



¿QUÉ IDEAS TIENEN LOS ESTUDIANTES RESPECTO A LA VISIÓN?



Los resultados permiten obtener algunas conclusiones sobre los modelos que los aprendices elaboran, referidos a la naturaleza, propagación de la luz y su relación con la visión:

- ** consideran obvia la idea de la visibilidad del haz luminoso, independientemente de que la radiación luminosa llegue o no al detector (en este caso el ojo). Aproximadamente el 80% de los estudiantes afirman explícitamente que, «se ve la luz», haciendo referencia explícita a los rayos luminosos que se emiten desde la fuente, sin exigir que parte de esa radiación llegue al ojo del observador;
- ** no piensan en términos de la dinámica fundamental de la luz, sino en términos de la luz y sus efectos sobre la visión. Consideran que la luz está presente sólo si hay efectos visuales detectables;

- ** en gran porcentaje conciben que las imágenes son trasladadas como un todo desde el objeto a la pantalla: **modelo holístico de la propagación** luminosa (Pesa et.al.1996b). Este modelo no tiene en cuenta el proceso físico de formación de las imágenes y supone que los objetos luminosos o iluminados emiten una imagen que se traslada como una réplica completa y fidedigna del objeto;
- ** coherentes con este modelo y con una concepción que reduce el **ojo a una pantalla receptora**, predicen erróneamente que el observador deberá ubicarse en el lugar de la pantalla para poder ver la imagen. Este es un indicio importante de un modelo incompleto del sistema visual;
- ** **se omite el complejo rol del ojo como formador de imágenes**, cuya función principal es hacer converger en cada punto de la retina los haces divergentes de cada punto objeto (o eventualmente de cada punto-imagen);
- ** cuando abordan explícitamente la temática de la visión, la mayoría considera un modelo formado por tres elementos básicos: **fuente-objeto, emisor y receptor**. Este comportamiento podría considerarse una superación del **modelo de los rayos visuales** (op. cit.) que supone al ojo como un elemento activo que orienta la línea de visual hacia los objetos y emite «rayos visuales». Sin embargo, al explicar los lazos de unión entre conceptos, los estudiantes no parecen comprender los procesos físicos (por ej. la reflexión difusa) y sicofísicos presentes (por ej. la percepción del color);
- ** no habituados a considerar al observador en los sistemas ópticos, tienen grandes confusiones respecto al rol de la pantalla en los sistemas ópticos armados para detectar imágenes reales. El permanente uso de esquemas estereotipados conduce a los aprendices a interpretar que «la imagen desaparecerá si se retira la pantalla»;

Merece destacarse que, del total de alumnos que participaron en esta investigación, sólo pudieron concretar un mapa 50% de los alumnos de Ingeniería y el 100% de los alumnos de Física. La realización de un mapa implica un esfuerzo de síntesis y evaluación individual que no todos los estudiantes están en condiciones de realizar. Requiere un cambio de actitud y un compromiso efectivo de los aprendices con la evaluación crítica y reflexiva sobre sus propios aprendizajes.

FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS EXPLICATIVAS

Los resultados permitieron formular las siguientes *hipótesis explicativas*:

** las respuestas obtenidas son características del pensamiento de sentido común producto de **razonamientos antropocéntricos, centrados casi exclusivamente en lo observable y dominados por efectos perceptibles**. Así como en Óptica, los estudiantes admiten que la luz sólo existe cuando sus efectos son observables y detectables por el sistema visual, en otros campos del conocimiento se encuentran resultados similares. Por ejemplo, los rozamientos no se conciben como fuerzas porque no aparece un agente perceptible, a los gases se les asignan ciertas propiedades cuando están coloreados, pero no cuando no son visibles (Pozo 1991).

La superación progresiva de las apariencias, proporcionadas por diferentes formas de representación generadas por engaños perceptivos, requiere de cambios a largo plazo: son los **cambios ontológicos**.

** a nivel óptico se manifiestan dos tipos de creencias:

- **tendencia a atribuir causalidad a todos los fenómenos**. Este es un nivel donde la coherencia en el pensamiento alternativo se da con claridad: el del compromiso ontológico con la causalidad, que supone «que en el mundo ocurren los fenómenos porque hay causas y efectos». Así los estudiantes consideran que las imágenes pueden ser detectadas porque se trasladan como un todo desde el objeto. No realizan inferencias con base en procesos lógicos o legales;
 - **conocimiento fundado sobre bases fenomenológicas**. El realismo de las concepciones alternativas está estrechamente ligado a lo fenomenológico. Desde esta perspectiva, es coherente que las ideas de los estudiantes estén constituidas a partir de los datos significativos de los sentidos. Esta característica puede llegar a ser antagónica con el saber científico que intenta liberarse de la experiencia directa y sensorial.
- ** la omisión del análisis del sistema visual favorece la preconcepción de la visión como fuente de **conocimiento objetivo**, a través de la cual,

puede conocerse exactamente el mundo sin perturbarlo. Esta preconcepción aparece reiteradamente durante las explicaciones dadas por los estudiantes para explicar sus mapas;

- ** algunas explicaciones que acompañan a los mapas, así como las respuestas al problema 3, pueden interpretarse como una consecuencia de la **concepción holística** de la propagación luminosa. Convalidaría una conclusión de trabajos anteriores de que esta concepción constituye un **compromiso estructural** de las concepciones alternativas que los aprendices no están dispuestos a abandonar.

DE COMO LOS APRENDICES, GUIADOS POR EL DOCENTE SISTEMATIZARON SUS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

Teniendo en cuenta los resultados e hipótesis anteriores, nos propusimos planear actividades didácticas que permitieran a los alumnos tomar conciencia de las dificultades y contradicciones que derivaban de la aplicación de sus modelos alternativos cuando se usaban para comprender, interpretar, explicar y predecir la formación y detección de imágenes con diversos sistemas ópticos (espejos, lentes, prismas).

Así, los aprendices orientados guiados, realizaron un conjunto de experiencias referidas a la formación de imágenes con espejos, lentes y prismas cuyos resultados no podían ser explicados con los modelos alternativos (Pesa, et al. 1995). La reflexión sobre las dificultades, estimulada por el intercambio de experiencias con sus compañeros y los docentes, les permitió llegar a algunos consensos sobre los «orígenes de sus dificultades» para llegar a respuestas satisfactorias a las situaciones problemáticas planteadas. Los mapas conceptuales que presentamos en el Apéndice II, son ejemplos de intentos de los aprendices por sintetizar sus concepciones alternativas y científicas, tanto sobre naturaleza y propagación de la luz, como sobre la visión.

Algunas cuestiones consensuadas fueron las siguientes :

- * los estudiantes tomaron conciencia de la falta de objetividad de sus

apreciaciones: "las respuestas basadas en datos de nuestros sentidos no son suficientemente objetivas".

- * reconocieron a la invisibilidad de la luz como una propiedad no intuitiva y difícil de ser aceptada;
- * el intercambio de ideas acerca de la visión sólo permitió acuerdos parciales: tres elementos determinan la visión de un objeto: el objeto, el observador y la fuente. Algunos estudiantes, enfrentados a situaciones problemáticas nuevas, mantenían la idea de que "el ojo recibe imágenes " y desconocían a la reflexión difusa como una condición esencial para la visión de los objetos;

Además de profundizar acerca de la reflexión difusa, se avanzó hasta elaborar un primer modelo del sistema visual: el estudio del ojo como instrumento similar a una cámara fotográfica. Sin embargo, los aprendices reconocieron que este modelo no les permitía más que una explicación parcial de la formación de un patrón de intensidades en la retina pero que aún había un largo camino por recorrer para responder a la pregunta: ¿por qué vemos como vemos?

CONCLUSIONES

El análisis de los datos permitió identificar algunos **núcleos estructurales y conceptos centrales**, así como, **formas de razonamiento** referidas a las concepciones alternativas sobre la visión. Un resultado interesante fue la posibilidad de hipotetizar acerca de algunas **creencias a nivel óptico y epistemológico**.

Con base en estos datos se elaboró una propuesta de estrategias didácticas y recursos instruccionales para la construcción gradual y significativa de los fenómenos de la visión, en estrecha vinculación con la resolución de situaciones problemáticas en el laboratorio de Óptica geométrica y física que será evaluado en otros trabajos. Señalaremos ahora algunos aspectos abordados en la propuesta:

Formación de imágenes reales con lentes y espejos. Se incorporó como un elemento activo del sistema al observador, planteándose

interrogantes tales como: ¿qué ocurriría con la imagen si se retirara la pantalla? ¿Dónde debería ubicarse el ojo del observador si se quisiera observar la imagen y la pantalla se retirara?

Formación de imágenes virtuales con lentes y espejos. Teniendo en cuenta que no es obvio para los estudiantes cómo la formación y visión de las imágenes virtuales son procesos simultáneos e inseparables que requieren, no sólo de una comprensión acerca de la reflexión o refracción luminosa sino también de una primera aproximación al tratamiento del ojo como sistema óptico detector, se abordó también esta problemática.

Inversión de las imágenes. Dado que los estudiantes, en general, piensan que existe un "ojo interno" que ve la imagen retineana y produce la inversión de la misma, los estudiantes fueron iniciados en el estudio de los mecanismos de procesamiento y codificación de la información en el sistema visual.

El ojo como sensor de patrones de interferencia. Intentando mostrar que las condiciones de coherencia de un sistema también dependen de las características del sensor utilizado, fueron estudiadas dos magnitudes significativas del mismo: tiempo de reacción, relacionado con la habilidad para discriminar patrones de interferencia que cambian con el tiempo y la sensibilidad espacial, como el área mínima necesaria para detectar una señal luminosa. De aquí la importancia de hablar de "patrones de franjas claras y oscuras cuando el sensor es capaz de diferenciarlos" e "intensidad uniforme, cuando el sensor no es capaz de detectarlos", en lugar de "presencia o ausencia de patrones de interferencia".

Percepción del color. Se abordaron temas como la percepción del blanco, mostrando a los estudiantes que es una percepción resultante del hecho de que el sistema visual no es capaz de discriminar las componentes espectrales del mismo.

Por último, merece destacarse que los mapas elaborados, tanto individual como colectivamente, resultaron ser herramientas muy útiles para integrar y reconciliar las relaciones entre conceptos, promover la diferenciación conceptual, como así también, para evidenciar similitudes y diferencias significativas entre las conceptualizaciones de los aprendices y discriminar inconsistencias reales y aparentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ausubel D.** (1978), *Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo*, Editorial Trillas, Méjico.
- Bachelard G.**, (1972), *La formación del espíritu científico*, Editorial Siglo XXI, Buenos Aires.
- Cudmani L. C. de, Lewín A. F. de, Pesa M.**, (1985), Control experimental de la prueba de «corrección fácil» en la evaluación del aprendizaje, *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol 1 (1).
- Cudmani L. C. de, Pesa M., Salinas J.**, (1996), Proyecto de un curso de Optica para carreras de profesores de Física dentro del marco del Proyecto Puffal, *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, Vol 18 (1).
- Cudmani L. C. de, Pesa M., Salinas J.**, (1996), Un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. Enviado a publicación.
- Cudmani L. C. de, Salinas J., Pesa M.**, (1991), La generación autónoma de conflictos cognoscitivos para favorecer cambios de paradigma, *Ens. de las Ciencias*, Vol 9 (3).
- Driver R.**, (1988), Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum de ciencias, *Ens. de las Ciencias*, Vol 6 (2).
- Gowin D. B.**, (1981), *Educating*, Cornell Univ. Press, Ithaca, New York.
- Moreira M. A.**, (1990), *Pesquisa em Ensino - Aspectos metodologicos e referenciais teoricos*, De. Ped. Univ., Sao Paulo, Brasil.
- Moreira M. A., Buchweitz B.**, (1987), *Mapas conceituais*, Editorial Moraes, Sao Paulo.
- Moreira M. A., Buchweitz B.**, (1993), *Novas estrategias de ensino e aprendizagem*, Editorial Técnicas Platano - Portugal.
- Novak J.**, (1988), Constructivismo humano: un consenso emergente, *Ens. de las Ciencias*, Vol 6 (3).
- Novak J.**, (1988), *Learning Science and the science of learning*, *Studies in Sc. Education*, Vol 15, pag 77-101.
- Nussbaum J.**, (1989), Classroom conceptual change, philosophical perspectives, *Int. Jour. of Science Education*, Vol 11, Special Issue, 530-540.
- Pesa M., Colombo E., Cudmani L. C. de, (d)**, (1995), The role of vision in the optics learning process, *Procc. of the SPIE's Int. Symposium on Optical Sc., Eng. and Inst.*, San Diego, USA.

Pesa M., Cudmani L. C. de, Salinas J., (a), (1995), Transferencia de los resultados de la investigación educativa al aprendizaje de la Óptica, Rev. Bras. de Ensino de Física, Vol 17 (3).

Pesa M., Cudmani L. C. de, Bravo S., (b), (1995), Formas de razonamiento asociadas a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz, Caderno Catarinense de Ensino de Física, Vol 12 (1).

Pesa M., Cudmani L. C. de, Bravo S., (c), (1995), De los modelos intuitivos a los modelos científicos - Un estudio referido a la comprensión de la formación de imágenes con espejos, prismas y hologramas, Memorias de la IX Reunión Nacional de Educación en la Física, Salta, Argentina

Pozo J., (1991), Las ideas de los alumnos sobre las ciencias: una interpretación desde la psicología cognitiva, Ens. de las Ciencias, Vol 9 (1).

Vygotsky L., S., (1989), El desarrollo de los procesos psicológicos superiores, Editorial Crítica, Barcelona.

Wheatley A., (1991), Constructivist perspectives on science and math, learning, Sc. Education, Vol 75 (1).

Apéndice I

- 1- Explique por qué pueden verse los objetos. Señale cuáles son los conceptos fundamentales que explican la visión y con ellos construya un **mapa conceptual**, explicitando y justificando, las relaciones establecidas entre los conceptos.

- 2- a) ¿Puede verse el haz de luz que emite una linterna?
- b) ¿Cuán lejos llega este haz?
- c) ¿Cómo se modificaría sus respuestas si: i) la linterna fuera mucho más potente?,
- ii) si hubiera humo en el ambiente?,

iii) si en vez de linterna tuviera un haz de luz laser?

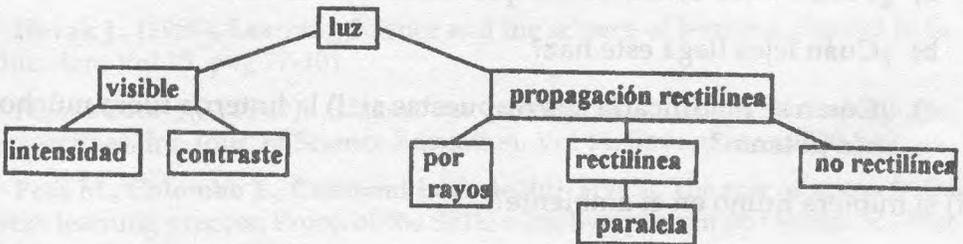
Justifique cada una de sus respuestas.

3- Califique como verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones y justifique brevemente sus respuestas sean estas afirmativas o negativas:

- a) la luz se propaga en línea recta
- b) una hoja de papel refleja la luz en menor proporción que un espejo ya que si lo hiciese uno podría utilizarlo para ver la imagen de cualquier objeto.
- c) si un objeto se ve es porque refleja la luz
- d) el ojo forma imágenes
- e) el ojo recibe imágenes
- f) un objeto se ve porque su imagen se traslada como un todo en el espacio

4- Considere la imagen real formada por un sistema óptico compuesto por: un espejo plano, una lente convergente y una pantalla, a) Si se retira la lente podría un observador ver igual la imagen? b) en caso afirmativo, dónde se ubicaría?

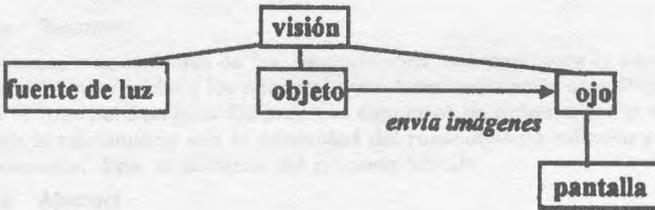
Apéndice II - Mapas conceptuales resultados de una reflexión metacognitiva. Los alumnos identifican sus concepciones alternativas y construyen las concepciones científicas.



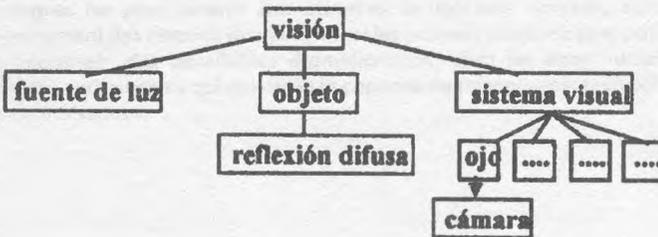
1- modelo alternativo naturaleza de la luz



2- modelo "científico" naturaleza de la luz



3- modelo alternativo visión



4- modelo "científico" visión