

Ideas previas en óptica geométrica: un estudio descriptivo



F. Javier Perales y Francisco Nievas
Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad de Granada()*

RESUMEN

La necesidad de disponer de datos suficientemente extensos y validados sobre las ideas que poseen los alumnos acerca de los conceptos básicos de la Ciencia, como un primer paso para contrastar la bondad del modelo constructivista, nos ha llevado a presentar los resultados obtenidos para el tópico de Óptica Geométrica en dos niveles educativos: EGB y Formación del Profesorado de EGB. Dichos datos proceden de la aplicación de un pretest grupal confeccionado al efecto y nos han permitido estructurar las concepciones de ambas muestras de alumnos, tanto por separado como comparativamente. Finalmente se aportan algunas consideraciones sobre las contribuciones de este estudio dentro de la literatura especializada.

Contexto de la investigación

La investigación que se recoge en estas páginas forma parte de un proyecto que, bajo la denominación genérica de "Didáctica de la Óptica Geométrica", intenta abarcar amplios aspectos que hipotéticamente pueden intervenir en la optimización de la didáctica de tópicos científicos bien delimitados.

Las principales razones para haber escogido tal tópico se exponen a continuación:

a) Curriculares. Se trata de uno de los temas clásicos en los programas de Física General, así como una de las materias científicas con mayor presencia relativa en los cuestionarios de EGB.

b) Históricas. La naturaleza luminosa ha constituido uno de los fenómenos físicos de interpretación más controvertida a lo largo de la Historia de la Ciencia.

c) Didácticas. Se dispone de escasas investigaciones sobre posibles enfoques de su enseñanza, por lo que aparece como de interés prioritario. Por otra parte, está presente en la vida cotidiana del alumno por cuanto la visión constituye el órgano receptor fundamental en la captación de información sobre el mundo que le rodea.

En lo que se refiere a los objetivos generales planteados en el estudio, son los que se relacionan seguidamente:

1) Incorporar hallazgos recientes de la in-

(*) Escuela Universitaria de Magisterio
Campus Universitario de la Cartuja
18071-Granada

investigación educativa a la planificación global de la enseñanza de la Óptica Geométrica.

2) Establecer su desarrollo como un proyecto de investigación abierto, donde los posibles resultados serán los que generen algunas de las decisiones a adoptar en la acción instructiva subsiguiente.

3) Contraste de hipótesis relativas al fundamento psicológico del aprendizaje científico.

La figura 1 representa el organigrama secuencial representativo de las etapas y variables que contempla el modelo de investigación puesto en práctica.

Hasta la fecha los datos obtenidos han sido objeto de diversas publicaciones (Perales 1987; Perales y Nievas 1988; Perales et al. 1989). En esta línea, los resultados que aquí se presentan y analizan se centran en la descripción de las nociones que, sobre conceptos de Óptica Geométrica previamente seleccionados por criterios empíricos (Perales 1987), poseen alumnos de diferentes niveles educativos.

Fundamentación

Aunque, en un primer vistazo el título del trabajo pareciera quedar inscrito en un enfoque de la enseñanza que ha venido denominándose como "modelo constructivista" (Perales 1988), su sustento teórico queda supeditado a la búsqueda de un modelo integrador de esta tendencia y de la derivada de la psicología genética como hipótesis de trabajo bajo una estrategia de investigación cualitativo/cuantitativa.

En cualquier caso, creemos de vital interés contribuir a una descripción más extensa y profunda del conocimiento previo de los alumnos sobre la materia constituyente del currículum científico, como un primer eslabón de la cadena que desemboque en la consecución de un aprendizaje más útil y permanente.

Por otro lado, podríamos clasificar este trabajo como "estudio longitudinal" en cuan-

to va a afectar a muestras de edades significativamente diferentes en un intento de analizar comparativamente la influencia de esta variable sobre el nivel de madurez de las concepciones espontáneas de los alumnos.

Metodología

Muestras participantes

Lo fueron una muestra de alumnos de segundo curso del Profesorado de EGB (N=65) y dos grupos de séptimo curso de EGB de un centro rural de la provincia de Granada (N=39, N'=35). En este caso los alumnos no habían recibido enseñanza formal de Óptica Geométrica en los últimos tres años (desde el curso 4º de EGB). Por otra parte, los estudiantes de Magisterio tampoco lo habían hecho desde BUP, excepción hecha de algunos alumnos que habían cursado otros estudios universitarios.

Pretest

El instrumento de diagnóstico de las concepciones previas de los alumnos en Óptica Geométrica consistió en un test grupal confeccionado al efecto por los autores. Incluía un ítem inicial en el que se preguntaba a los alumnos acerca del nivel académico en el que recibieron enseñanza de Óptica Geométrica. El resto de las secciones en que se subdividió el pretest fueron elaboradas a partir de los datos de la literatura especializada que hacía uso de este tipo de instrumentos de diagnóstico (La Rosa et al. 1984), así como de los derivados del análisis estructural, histórico y didáctico al que fueron sometidos los contenidos de este tópico físico (Fig. 1), que, en concreto, permitieron seleccionar los conceptos básicos sobre los que debiera recaer dicho diagnóstico. Las secciones consideradas lo fueron en razón de los distintos grados de evaluación conceptual perseguidos: identificación primaria, discriminación, definición operativa y resolución de problemas gráficos.

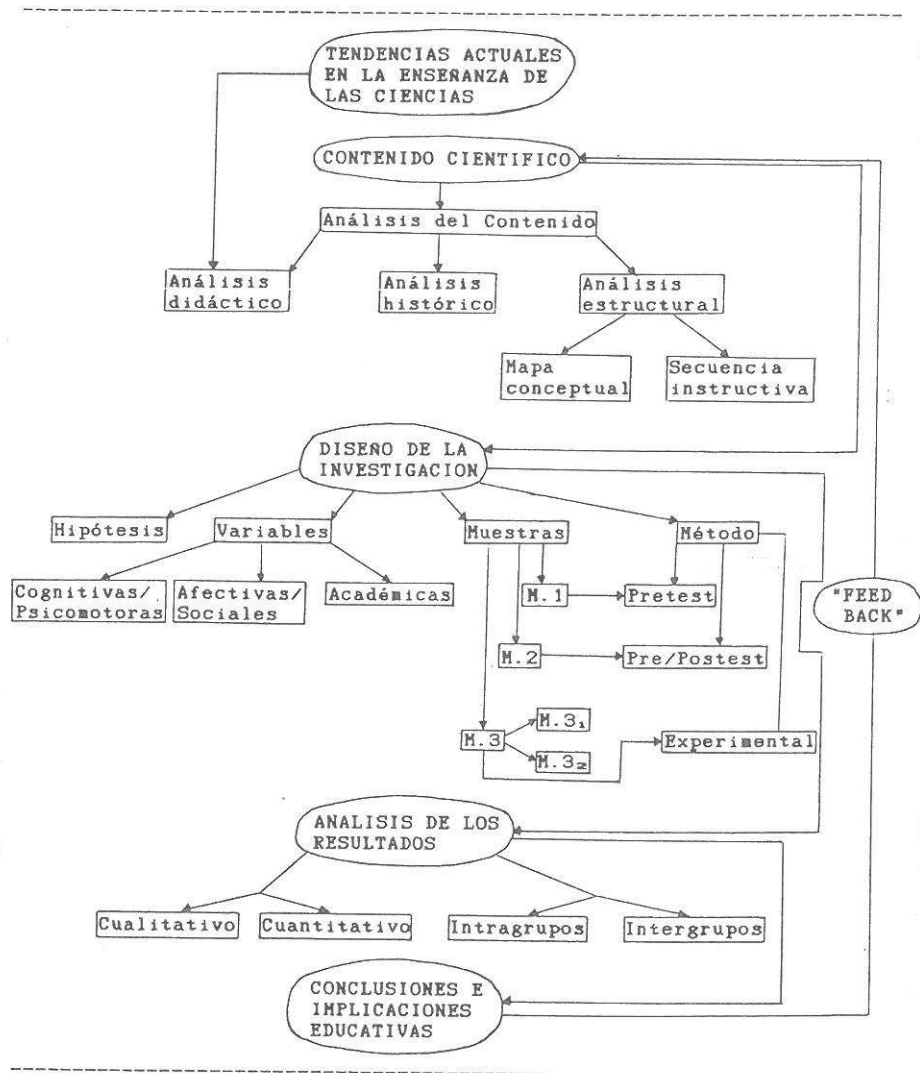


Fig. 1. Organigrama secuencial representativo de las etapas y variables del modelo de investigación

Para la muestra de EGB, el pretest anteriormente descrito sufrió algunas variaciones con la finalidad de adaptarlo a la capacidad cognitiva de tales alumnos.

Los resultados obtenidos en ambos casos fueron presentados para cada uno de los apartados o secciones en que se subdividió el pretest, sintetizando las respuestas donde era preciso y obteniendo las frecuencias de cada respuesta-tipo.

Resultados

Alumnos de Magisterio.

Seguidamente iremos exponiendo los resultados extraídos de la aplicación del pretest en cada una de sus secciones constituyentes.

** Sección A*

Esta sección incluía la definición, por parte de los alumnos, de los conceptos básicos mediante cuestiones de respuesta abierta. De su análisis se extrajeron los vocablos científicos más frecuentemente utilizados por aquéllos en sus respuestas, jerarquizados en función de sus respectivas frecuencias. Por otra parte, las frases respondidas fueron sintetizadas en función de que correspondiesen a una de las fases luminosas: emisión, propagación y detección.

** Sección B*

En este caso a los alumnos se les pedía que relacionasen mediante flechas cada uno de los conceptos ópticos previamente seleccionados con otra serie de conceptos que, a juicio de ellos, fueran precisos para la definición de aquéllos. De esta forma se pudieron recoger las opciones que pueden ser consideradas como "errores conceptuales".

** Sección C*

La sección referida ahora consistía en una relación de ítems de opción múltiple sobre fenómenos ópticos fundamentales (propagación de la luz, reflexión, refracción y visión) y sistemas ópticos igualmente básicos (espejo, lente y prisma óptico). En esta ocasión se seleccionaron los porcentajes de errores con-

ceptuales incluidos como distractores dentro de cada ítem.

** Sección D.*

Esta sección se dedicó a la interpretación y justificación de gráficos donde se representaban diversos fenómenos ópticos (reflexión, refracción y dispersión).

** Secciones E y F.*

Finalmente, estas dos secciones estaban destinadas a la resolución de problemas gráficos sobre los que habían de intervenir los propios alumnos para hallar la solución requerida. Tanto en la sección D como en estas dos, los resultados obtenidos fueron ordenados en cuanto a la afinidad de las respuestas y jerarquizados de acuerdo con sus porcentajes correspondientes.

Alumnos de EGB.

Describiremos brevemente las modificaciones introducidas en este nuevo pretest:

La sección A se mantuvo en los mismos términos que para esta última muestra (apartado I). La sección B se suprimió. La sección C se modificó en el sentido de lograr una mayor sencillez en el enunciado de los ítems, reduciéndose asimismo su número (apartado II). De los seis ítems de la sección D se seleccionaron cuatro (apartado III). Por último, las secciones E y F permanecieron tal cual en el anterior pretest (apartado IV).

Análisis de los resultados

Muestra de alumnos de Magisterio

Las cuestiones de respuesta abierta o de relación sugerida (secciones A y B, respectivamente) permiten la identificación del vocabulario básico de los alumnos para la definición de los conceptos ópticos seleccionados. Este incluye términos de naturaleza formal (p. ej., onda, energía, electromagnética, ...) y coincide de alguna forma con las definiciones científicas, excepto para los conceptos de dispersión e imagen. En cualquier caso se apre-

cion algunas discrepancias entre las respuestas a ambas secciones, por ejemplo, cuando se les da a los alumnos la posibilidad de definir abiertamente la luz (sección A) no hacen apenas uso del concepto de fotón y sí lo hacen, en cambio, con una alta frecuencia cuando se les suministra este último por escrito (sección B). No obstante, en las secciones B y C del pretest que corresponden a ítems de respuesta múltiple pueden extraerse algunos errores conceptuales, tales como una cierta visión mecanicista y no relativista de la propagación luminosa, la no formalización del concepto de rayo luminoso y de prisma óptico, la incompatibilidad de la reflexión, refracción y absorción, la indiferenciación de las imágenes reales y virtuales, la discriminación entre la dispersión y refracción luminosas, o la concepción euclidiana de la visión de los objetos.

Por lo que respecta a las cuestiones de índole icónico-interpretativa (secciones D, E y F), manifiestan una dificultad complementaria, como lo demuestra el descenso en el número de respuestas y en la corrección científica de las mismas, así como la pobreza semántica de un porcentaje significativo de ellas; aquéllas más explícitas hacen referencia a la reflexión como implicando la igualdad del ángulo de incidencia y de reflexión, a la refracción como cambio de la velocidad de la luz, de medio o de densidad; asimismo y, en general, es comprendida la propagación rectilínea de la luz. Finalmente, la visión, tal y como se deduce de las respuestas a la sección F, es contemplada por algunos alumnos como no integrada en el progreso natural de propagación de la luz, es decir, aluden simplemente a la reflexión del rayo luminoso en el espejo o, por el contrario, hacen jugar al ojo un papel de "imán" (atrayendo la luz desde el espejo hacia él) o de "radar" (viendo los rayos incidente y reflejado).

Muestra de alumnos de EGB.

Refiriéndonos al conjunto de los dos grupos de séptimo curso de EGB participantes en este estudio, vamos a hacer una revisión aná-

loga a la efectuada en la última muestra.

Las respuestas de los alumnos a las cuestiones abiertas (apartado I) y su posterior análisis nos permitieron conocer el vocabulario más común invocado en sus definiciones y, tras una síntesis de las mismas, la adscripción física de éstas dentro del proceso: emisión, propagación y detección luminosas. De la primera fase del análisis se deduce la pobre variedad terminológica en sus respuestas, así como su carácter pseudocientífico; en concreto, pueden mencionarse los siguientes vocablos utilizados: ilumina, rayo, sol, electricidad, luz y refleja. En la segunda fase resulta útil el criterio de agrupamiento de respuestas siguiendo el proceso natural de la evolución luminosa mencionado con anterioridad; de hecho aparecen presentes las tres etapas en la definición del concepto básico de luz, la emisión y la detección en él de rayo luminoso, la propagación y la detección en los de espejo, prisma óptico e imagen, la propagación en los de reflexión y refracción y, finalmente, la detección en el de lente. No obstante, los conceptos de refracción y prisma óptico carecen de un significado mínimamente análogo a su versión científica (la clave para la interpretación de las respuestas a este último concepto parece estar en el término "óptico" que se asocia con las "ópticas" y, en concreto, como "instrumento que utilizan los oculistas, algo para ver mejor, etc.") y el concepto de dispersión es interpretado como la noción homónima del lenguaje vulgar.

En cuanto a los errores conceptuales deducidos del apartado II debemos destacar, por su alta incidencia, la consideración de la constancia de la velocidad de la luz y de su dirección, los espejos como reflectores perfectos, las lentes como incrementadoras del tamaño de los objetos, la sombra como producida por la refracción de la luz y, por último, la necesidad de que los rayos de nuestros ojos hayan de llegar a los objetos para poder ser vistos.

Analizaremos seguidamente las respuestas emitidas por los alumnos en la interpretación de gráficos sobre reflexión y refracción (apartado III). La primera es contemplada mayoritariamente como un "choque" o "rebote" de

la luz sobre el espejo. A la segunda se le hace depender del fenómeno concreto en que esté implicada, así la refracción simple de un rayo luminoso en el agua es justificada describiendo que "la luz atraviesa el agua" o es incomprendida la figura atribuyendo al rayo el simbolismo de la penetración del aire en el agua; la refracción en una lente convergente no conllevaría una desviación de la luz o, por el contrario, ésta se reflejaría en aquélla; finalmente, la refracción de un palo sumergido es explicada como una ilusión óptica ("un palo se ve/parece partido") o como una deformación o resistencia a ser sumergido ("el palo flota").

En último lugar, la interpretación de los ítems icónicos que configuran el apartado IV del pretest pone de manifiesto la dificultad de los alumnos en hacer un uso espontáneo del modelo de propagación rectilínea de la luz ("no, el muro impide que la luz pase a través de él") o concediendo la propiedad vaga de iluminación de la bombilla sin recurrir a la marcha concreta de los rayos ("sí, la luz de la bombilla se propaga en todos los sentidos"); sólo cuando se les requiere para que dibujen la trayectoria luminosa, entre un 30 y un 40 por ciento de los alumnos son capaces de recurrir al modelo de propagación rectilínea. Por lo que se refiere al problema de la posible visión de un espejo dentro de una habitación de paredes negras, sin contener polvo o humo y en la que penetra un rayo luminoso, un significativo porcentaje de alumnos identifican espejo con reflexión de la luz, pero no hacen un uso explícito de sus leyes para invocar la visión del mismo ("sí, porque el rayo se refleja en el espejo") u operan con ellas de un modo incorrecto ("sí, porque el rayo se refleja en el espejo y llega al ojo directamente"); por otro lado, algunos alumnos vuelven a atribuir a la luz unas propiedades "iluminantes" no ligadas a una trayectoria específica de los rayos ("sí, porque el rayo ilumina el espejo").

Comparación de las muestras de alumnos de EGB y de Magisterio

Dada la apreciable diferencia puesta de ma-

nifiesto entre las respuestas dadas por ambas muestras de alumnos a los conceptos ópticos considerados (sección A y apartado I de los pretest), vamos a proceder a comentar brevemente tales diferencias:

- Luz. La definición de luz como propagación está infravalorada para la muestra de EGB frente a la muestra de Magisterio, en beneficio de las fases de emisión ("eléctrica"), de la detección ("visión"), así como de otras propiedades de la luz más ambiguas ("iluminación-umbra-claridad").

- Rayo luminoso. Vuelve a reiterarse la situación puesta de manifiesto en el párrafo anterior; es decir, los alumnos de EGB ignoran el papel del rayo de luz como "conductor" de la luz en su propagación y sí lo hacen en la emisión luminosa ("procedente del Sol") o en la detección ("ilumina").

- Reflexión. La distancia semántica en las definiciones de este concepto se acrecienta, en la medida que sólo un 15 por ciento de la muestra de EGB conciben la reflexión como un fenómeno en el que interviene un medio material ("reflexión en un espejo u objeto"). Sin embargo, los alumnos de Magisterio lo hacen como una propiedad intrínseca a la luz o al rayo luminoso y que se manifiesta al incidir sobre otro medio.

- Refracción. Nuevamente son válidos los argumentos anteriores en la medida en que sólo un 12 por ciento de los alumnos de EGB estiman la refracción de una forma intuitivamente correcta ("desviación de un rayo al penetrar en el agua").

- Espejo. Este sistema óptico es interpretado mayoritariamente por los niños de EGB desde una perspectiva ligada a su percepción visual ("donde se produce la reflexión luminosa de uno mismo", "que sirve para ver(se)..."). Por el contrario, para los alumnos de Magisterio, el espejo suele ser un objeto donde se refleja la luz.

- Lente. Este concepto es enjuiciado mayoritariamente por los componentes de la muestra de EGB como relacionado con la visión, aspecto éste minoritariamente contemplado por los alumnos de Magisterio, que inciden

con más frecuencia en el papel de la lente como elemento que refracta o desvía la luz de una forma determinada.

- Prisma óptico. Más de las tres cuartas partes de los alumnos de Magisterio definen el prisma óptico de forma correcta, es decir, como objeto que descompone la luz blanca en sus colores integrantes; en cambio esto sólo es concebido por un alumno de EGB que, por el contrario, generalmente piensan en el prisma como en un misterioso instrumento relacionado con la visión.

- Dispersión. No cabe en esta ocasión hablar de elementos comunes en las respuestas de ambas muestras de alumnos, ya que en el caso de los de EGB no puede atribuirse a las respuestas una naturaleza científica, sino tan sólo una analogía con el significado de este término en el lenguaje vulgar.

- Imagen. Por último, las respuestas del grupo de EGB agrupadas como "objeto reflejado" o como "objeto que puede verse" contienen ciertas semejanzas con las de los alumnos de Magisterio en torno a los núcleos de propagación y detección luminosas. No ocurre así con el resto de las respuestas formuladas por la primera muestra que, también deben contemplarse como consecuencia del lenguaje vulgar.

En síntesis, la comparación entre los alumnos de EGB y los de Magisterio presenta diferencias cualitativas importantes, tanto en el lenguaje utilizado para definir los conceptos ópticos básicos -con muy pocos vocablos comunes y con estructuras sintácticas más complejas y extensas en el caso de los últimos alumnos- como en las explicaciones aportadas a los ítems gráficos, generalmente afectando a respuestas incorrectas por parte de la primera muestra, aunque algunas de tales respuestas presentan ciertas semejanzas en ambas muestras. Asimismo parecen también reproducirse algunos errores conceptuales independientemente de la edad de los sujetos.

Consideraciones finales

Si comparamos los resultados arrojados

por la resolución del pretest con los obtenidos por otros autores (Perales y Nievas, op. cit.) en condiciones experimentales análogas, podemos apuntar algunas ideas comunes a los alumnos más jóvenes:

- La luz parece quedar evidenciada fundamentalmente por sus fuentes y por sus efectos y, entre estos últimos, por la visión (Guesne et al. 1978; Tiberghien et al. 1980).

- Sólo los espejos son capaces de reflejar la luz (Guesne 1984).

- Las lentes sirven para aumentar el tamaño de los objetos (Guesne et al., op. cit.).

- Las imágenes son descritas por algunos alumnos como "lo que se refleja en un espejo" (Rice y Feher 1987).

- La visión es considerada a veces como el resultado de la interacción con el objeto visto de los rayos procedentes de los ojos (Andersson y Kärrqvist 1983) y, en otras ocasiones, como la percepción directa de los rayos luminosos sin el necesario concurso de la reflexión con los objetos contemplados (Anderson y Smith 1986).

Otro aspecto de la investigación que igualmente ha sido puesto de manifiesto por otros autores es el matenimiento de algunos esquemas conceptuales con la edad, independientemente de la enseñanza formal recibida por los individuos. Esto se pone especialmente de manifiesto en respuestas impregnadas del lenguaje vulgar y en fenómenos cotidianos que son explicados por su apariencia de una forma excesivamente simplista, o ligados a las características particulares de lo observado o, incluso, antropocéntricamente.

A nuestro juicio y, a la vez que se van culminando trabajos en torno a la descripción de las preconcepciones sobre los diversos tópicos científicos en muestras de diversos ámbitos socioculturales y edades, se hace preciso ir buscando, mediante estudios específicos, la génesis de tales ideas, tanto en factores individuales cognitivos (nivel de desarrollo cognitivo, estilo cognitivo, etc.), motivacionales (afición investigadora, capacidad reflexiva, etc.), habilidades (de observación, de emisión de hipótesis, etc.), hábitos (de lectura, de te-

levisión, etc.). Aun a sabiendas de la dificultad intrínseca de delimitar cuantitativamente el peso de estos factores, sólo podrá actuarse eficientemente en la modificación de tales concepciones cuando los profesores e instituciones educativas seamos capaces de influir con nuestro estilo de enseñanza más allá del horario lectivo y de los muros que encierran nuestras aulas.

REFERENCIAS

- ANDERSSON, B. y KÄRRQVIST, C. (1983). How Swedish pupils aged 12-15 years understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5, (4), pp. 387-402.
- ANDERSON, CH. W. y SMITH, E. L. (1986). *Children's conceptions of light and color: understanding the role of unseen rays*. Research Series n° 166, Institute Research on Teaching, Michigan State University, Michigan.
- GUESNE, E.; TIBERGHIE, A. y DELACOTE, G. (1978). Méthodes et résultats concernant l'analyse des conceptions des élèves dans différents domaines de la Physique. Deux exemples: les notions de chaleur et lumière. *Revue Française de Pédagogie*, 45, pp. 25-32.
- GUESNE, E. (1984). *Children's ideas about light*. En *New Trends in Physics teaching*, UNESCO, París, pp. 179-192.
- PERALES, F. J. (1987). Análisis de contenidos en óptica geométrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 5, (3), pp. 211-219.
- PERALES, F. J. y NIEVAS, F. (1988). Nociones de los alumnos sobre conceptos de Óptica Geométrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, pp. 86-89.
- PERALES, F. J. (1988). La instrucción científica en el marco de un modelo constructivista para la enseñanza. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 2, pp. 115-133.
- PERALES, F. J.; NIEVAS, F. y CERVANTES, A. (1989). Misconceptions on geometric optics and their association with relevant educative variables. *International Journal of Science Education*, 11 (3).
- RICE, K. y FEHER, E. (1987). Pinholes and images: children's conceptions of light and vision I. *Science Education*, 71, (4), pp. 629-640.
- LA ROSA, C.; MAYER, M.; PATRIZI, P. y VICENTINI-MISSONI, M. (1984). Commonsens knowledge in optics: preliminary results of an investigation into properties of light. *European Journal of Science Education*, 6, (4), pp. 387-397.
- TIBERGHIE, A.; DELACOTE, G.; GHIGLIONE, R. y MATALON, B. (1980). Conceptions de la lumière chez l'enfant de 10-12 ans. *Revue Française de Pédagogie*, 50, pp. 24-41.

SUMMARY

The need to have validate and extensive enough data on students' ideas on Science basic concept, as a first step to contrast the validity of the constructivist model, has taken the authors to present the results obtained on the topic of Geometric Optics in two educational levels: EGB and EGB and EGB Teachers' Training Studies. Such data are the result of the application of a group pretest made for this purpose and they have made possible to arrange both levels of students' conceptions, separately as well as comparatively. The authors finally make some considerations on the contributions of this study in the field of the specialised literature.

RÉSUMÉ

Le besoin de disposer de données suffisamment extensives et validées sur les idées que les élèves ont sur les concepts basiques de la science, comme un premier pas pour contraster la bonté du modèle constructiviste, nous ont amené à présenter les résultats obtenus pour le sujet de l'Optique Géométrique en deux niveaux éducatifs: EGB et Ecole Normale. Ces données viennent de l'application d'un pretest ad hoc à deux groupes, un de chaque niveau, et ils nous ont permis de structurer les conceptions des deux groupes d'élèves, en conjoint et séparément. Finalement, on apporte quelques conclusions sur les contributions de cet étude dans la littérature spécialisée.