

CÓMO APROVECHAR LA NATURALEZA CONTEXTUAL DEL CONOCIMIENTO PARA RESOLVER UN PROBLEMA DE FÍSICA: UN ABORDAJE BASADO EN RECURSOS COGNITIVOS¹

(Making use of the contextual nature of the knowledge involved in solving a physics problem: a cognitive resources-based approach)

Laura Buteler^{1,2} [lbuteler@famaf.unc.edu.ar]

Enrique Coleoni^{1,2}

1-Facultad de Matemática, Astronomía y Física

Universidad Nacional de Córdoba

2-CONICET

Resumen

Se explora la posibilidad de la utilización productiva de recursos cognitivos activados en un contexto para abordar una situación física en otro contexto. El diseño del estudio y la interpretación de los registros se realizó a partir de un enfoque múltiple y contextualizado de la cognición, basado en recursos cognitivos, propuesto por Redish (2004) y Hammer (2004). Los sujetos que intervienen en el estudio son 9 estudiantes universitarios de física que son entrevistados grupalmente mientras resuelven dos problemas de óptica. Los resultados muestran que uno de los problemas, en el que estos sujetos activan espontáneamente recursos que son productivos para abordar esa situación, favorece la reflexión y la solución sobre el otro problema, en el que los recursos que se activan espontáneamente no son productivos para abordar esa situación.

Palabras clave: resolución de problemas en física, recursos cognitivos, contexto, productividad.

Abstract

The paper explores the plausibility to favor a productive use of cognitive resources activated in one context to solve a problem in another one. The study was based on a manifold view of cognition considered as the result of the context-sensitive activation of cognitive resources, as proposed by Redish (2004) and Hammer (2004). Nine university physics students were involved in the study. They were interviewed in groups while solving two problems dealing with geometrical optics. Results show that including a particular problem helps students activate resources that are productive to solve another one in which those resources are not spontaneously activated.

Key words: physics problem solving, cognitive resources, context, productivity.

Introducción

El estudio de la resolución de problemas en física involucra, entre otras cosas, preguntarse cuál es la naturaleza del conocimiento que se pone en juego durante la ejecución de esta tarea. Para abordar esta pregunta, la línea de investigación denominada tradicionalmente como *expertos y novatos*, ha partido desde lo que se sabe acerca del conocimiento que los expertos en esta tarea ponen en juego durante la resolución. Este saber, referido a la estructura de conocimiento y a estrategias de resolución de los sujetos ha servido para configurar un marco teórico desde el cual es posible explorar el conocimiento que sujetos con distinto nivel de experticia ponen en juego durante el proceso de resolución (Chi, Glaser y Rees, 1983, Maloney, 1994). Las implicaciones educativas de este enfoque apuntan a que los estudiantes adquieran hábitos tipo expertos siguiendo ciertas reglas o esquemas de acción que escasamente tienen en cuenta lo que el estudiante sabe (Mestre et.

¹ Algunos resultados parciales fueron presentados en la 2007 Foundations and Frontiers in Physics Education Research Conference, Maine, USA.

al, 1993, Foster, 2000). Estas propuestas instruccionales, básicamente de naturaleza prescriptiva, tienen en cuenta el conocimiento que poseen los novatos para ser desinhibido y/o descartado, dirigiendo la atención de los sujetos hacia otras opciones que los llevan a imitar procedimientos expertos.

Una visión complementaria a la anterior, más interesada en el conocimiento de sujetos novatos per-se, ha enfocado su atención en las concepciones acerca del mundo físico con las que los novatos abordan situaciones físicas (McCloskey, 1983, William, Hollan y Steven, 1983, Schnotz y Preuß, 1997, Diakidoy, Vosniadou y Hanks, 1997). Estos estudios son de gran utilidad para la resolución de problemas en física dado que tales concepciones, en particular aquellas que no están de acuerdo con las científicamente aceptadas, podrían “interferir” con la resolución de problemas y con el aprendizaje formal de la disciplina en general. Surgen de aquí un conjunto de investigaciones denominadas como de *concepciones alternativas*, *concepciones erróneas*, *concepciones ingenuas*, *teorías ingenuas*, etc., que describen el conocimiento físico ingenuo comparable al que tendría cualquier novato en esta disciplina.

En los últimos diez años, muchas de las estrategias de enseñanza provenientes de la línea de expertos y novatos han incorporado, en alguna medida, el conocimiento que los estudiantes traen consigo al comenzar su instrucción en física. Los resultados conjuntos de estas dos perspectivas han dado lugar a importantes propuestas curriculares que han producido mejoras en el desempeño durante la resolución de problemas y en la comprensión conceptual de los estudiantes de física (McDermott y Redish, 1999). No obstante ello, algunos estudios recientes muestran sugerentes análisis de razonamientos de estudiantes, que invitan a revisar y replantear algunos supuestos que implícita o explícitamente han estado sosteniendo las investigaciones anteriores (diSessa y Sherin, 1998, Hammer, 2000, Hammer, 2004, Redish, 2004, Elby, 2001, Mestre et. al, 2004, Hammer et. al, 2005). Por ejemplo Hammer (2004), objeta que las concepciones antes mencionadas (sean éstas erróneas, alternativas o ingenuas) que surgen de interpretaciones provenientes del plano fenomenológico, deban tener una correspondencia unívoca con entes cognitivos existentes en la mente de los estudiantes. En otras palabras, cuestiona que la ontología –el tipo de objetos que se atribuye a la mente de los estudiantes- esté necesariamente alineada con la fenomenología -lo que observamos en los razonamientos de los estudiantes-. Esta superposición de ontología y fenomenología lleva a concluir que los estudiantes “poseen o no poseen” determinados conceptos físicos acerca de ciertos fenómenos. Si esto fuera así, el contexto en que las situaciones son presentadas no debería influir en los razonamientos de los estudiantes y éstos utilizarían invariablemente siempre, por ejemplo la concepción de que la fuerza es proporcional a la velocidad en dinámica, en todas las situaciones que involucren fuerzas y velocidades. Eso no es lo que se observa. Por el contrario, existe un número creciente de estudios que reportan variabilidad en razonamientos y respuestas de los estudiantes ante situaciones físicas idénticas (cuya resolución implica los mismos conceptos y leyes físicas) presentadas en contextos diferentes² y/o durante razonamientos referidos a la misma situación (Mestre et. al, 2004, Hammer, 1996, Warnakulasooriya y Bao, 2003, Meltzer, 2005).

Además, adjudicar estatus de entes cognitivos a las concepciones que los estudiantes “poseen” o “no poseen”, plantea una inconsistencia con una postura constructivista del aprendizaje³, en particular cuando las concepciones que “poseen” no están de acuerdo con las científicamente aceptadas. Cabe aclarar que algunas propuestas de enseñanza han apuntado a generar situaciones de conflicto para cuestionar estas concepciones previas de los estudiantes, pero esta actividad ha mostrado ser insuficiente (Chi, 2005, Redish, 2004) para provocar una construcción dinámica del conocimiento (Pozo, 1996). Más bien parecen dar lugar a la construcción

² El término contexto se usa aquí en un sentido amplio, involucrando desde pequeños cambios en los enunciados o la manera de formular una pregunta de los problemas hasta ambientes sociales diferentes.

³ En el sentido de Pozo, 1996.

de una barrera entre lo que los estudiantes realmente creen y la respuesta (correcta) que deben dar para satisfacer la aprobación del profesor⁴. En ese caso ¿cómo se construye conocimiento sobre éstas concepciones? O ¿cómo se reestructura el conocimiento sin “remover” esa concepción? Es difícil encontrar una respuesta constructivista para estas preguntas.

Esta postura crítica respecto a una visión unitaria y descontextualizada de la cognición –que los objetos cognitivos sean elementos que los alumnos poseen o no poseen y que sean insensibles al contexto de la tarea- ha dado lugar a un paulatino y creciente consenso entre algunos investigadores en educación en física de que sería más apropiado explicar las observaciones de los razonamientos de los estudiantes en otros términos. Hammer (2004), Redish (2004), diSessa y Sherin (1998), di Sessa (2004), Hammer et.al (2005), comparten una visión múltiple y contextualizada de la cognición –que los fenómenos que se observan son producto de la activación conjunta de objetos cognitivos más elementales y que esa activación depende del contexto del problema-. Hammer (2004) y Redish (2004), han denominado *recursos cognitivos* a esos objetos más elementales a partir de los cuales se producen los fenómenos cognitivos observables.

Una visión basada en recursos cognitivos

Hammer et al (op. cit.) proponen un ejemplo ilustrativo que muestra la utilidad de los recursos cognitivos para interpretar el razonamiento de los estudiantes. Una pregunta muy usual en los test de física consiste en pedir a los estudiantes que digan cuáles fuerzas están actuando sobre un cuerpo cuando es lanzado verticalmente hacia arriba. Muchos estudiantes responden, en el contexto de la pelota en ascenso, que hay dos fuerzas actuando sobre la pelota: la fuerza peso hacia abajo y una fuerza hacia arriba que va disminuyendo a medida que la pelota va llegando al punto de altura máxima. Cuando se les pregunta explícitamente cuáles son las fuerzas en el punto de altura máxima, responden que las fuerzas hacia abajo y hacia arriba son iguales. Es difícil interpretar estas respuestas en términos de la “posesión” de una única concepción del tipo “fuerza implica movimiento”. Para interpretar estas respuestas, los autores proponen que los estudiantes activan dos recursos conceptuales distintos. El primero, activado en el contexto de la pelota en ascenso, es denominado “*mantenimiento del agente*” entendido como la necesidad de un agente para mantener un efecto. Este recurso induce a los estudiantes a pensar que un agente debe actuar sobre la pelota para mantener el movimiento hacia arriba. Cuando los estudiantes son preguntados acerca de fuerzas, los estudiantes mapean inconscientemente “agente” sobre “fuerza”. Sin embargo, cuando estos estudiantes piensan en el contexto del punto más alto de la trayectoria, intuitivamente activan otro recurso: el de “*balance*”, entendido como “algo” hacia arriba que debe ser balanceado o compensado con “algo” hacia abajo. Preguntados acerca de fuerzas, responden que las fuerzas hacia arriba y hacia abajo deben ser iguales.

Elby (2001) describe una estrategia instruccional que ilustra cuán útil resulta una visión de la cognición basada en recursos. Como parte de una clase acerca de la tercera ley de Newton, plantea una situación en la que un camión de masa $2m$ choca contra un automóvil en reposo de masa m . Preguntados los estudiantes acerca de las magnitudes relativas de las fuerzas actuando sobre el camión y el automóvil durante el choque, contestan que el automóvil experimenta el doble de fuerza que el camión. Pero preguntados acerca de los cambios de velocidad experimentados por los dos cuerpos como consecuencia del choque, responden que el auto experimenta el doble de cambio de velocidad que el camión. Estas respuestas, si bien son inconsistentes entre sí y una de ellas está en desacuerdo con la tercera ley de Newton, fueron identificadas por Elby como partiendo de la misma noción intuitiva “*el auto reacciona el doble que el camión*”, que puede ser pensada

⁴ Estos resultados invitan a pensar que la contrastación entre dos ideas generadas por el mismo sujeto podría generar un conflicto genuino que sí daría lugar a una reestructuración dinámica del conocimiento y no a la construcción de una barrera entre lo que cree y el conocimiento normativo.

como un recurso desde el cual ellos entendían la situación. Otra vez, preguntados acerca de fuerzas, este recurso tiende a mapearse sobre fuerzas, y preguntados sobre cambios de velocidad, tiende a mapearse sobre esa magnitud física.

En un estudio citado por Hammer (2000), puestos los estudiantes a explicar porqué en el verano hace más calor que en invierno, éstos respondieron que es debido a que en verano la tierra está más cerca del sol que en invierno. La interpretación usual de esta explicación es que los estudiantes han formado una concepción defectuosa de que la tierra se mueve en una órbita elíptica y muy excéntrica alrededor del sol. Sin embargo una interpretación alternativa es suponer que los estudiantes no poseen esa concepción que explica la causa de las estaciones, sino que generan esa explicación en el momento a partir de una búsqueda rápida por lo que saben y el primer recurso que encuentran apropiado es “*mientras más cerca más intenso*”. Este recurso, que no es apropiado para entender la causa de las estaciones, es un recurso muy productivo para entender otras situaciones físicas que involucran magnitudes que son inversamente proporcionales a la distancia (o a alguna potencia de ésta), tales como la intensidad luminosa o la intensidad del campo eléctrico producido por una carga puntual.

Estos ejemplos ilustran cómo un marco basado en recursos cognitivos se ajusta naturalmente al razonamiento contextualizado observado en los estudiantes, superando a la interpretación en términos de concepciones únicas y descontextualizadas, y a la idea de que los estudiantes tienen ideas intuitivas que son un obstáculo para resolver problemas y para aprender física. Más aún, muestran que los estudiantes disponen de variados recursos cognitivos, muchos de los cuales provienen de su experiencia cotidiana, y que lejos de ser obstáculos para la comprensión de situaciones físicas, resultan elementos indispensables para construir conocimiento físico científicamente aceptado.

Estos recursos cognitivos podrían haberse gestado a partir de abstracciones de distintas experiencias cotidianas durante su interacción con el mundo que lo rodea⁵, aunque su activación es altamente contextual. Es una visión múltiple de la cognición porque no presupone que las entidades cognitivas elementales sean conceptos o principios físicos que están o no están en la mente de las personas. En vez de ello presupone que las entidades cognitivas elementales son recursos cognitivos cuya activación conjunta puede, en un determinado contexto, coincidir o no con un concepto o principio físico. Los recursos no son correctos o incorrectos en sí mismos, sino que pueden ser valorados en términos de su adecuación o no a un contexto dado. Estos recursos cognitivos son clasificados por sus autores en *conceptuales* y *epistémicos*.

Los recursos cognitivos conceptuales son aquellos que les permiten a las personas operar sobre la situación física que se presenta. El *mapeo* de esos recursos (el proceso de trasladar una idea abstracta a una situación física concreta) sobre algunas magnitudes físicas puede dar lugar a una descripción que esté de acuerdo o en desacuerdo con algún principio físico. Desde esta perspectiva, una respuesta errónea podría ocurrir como consecuencia de la activación de un recurso cognitivo- que en otro contexto puede ser muy útil- en un contexto inapropiado. Los recursos cognitivos epistémicos son aquellos que operan sobre el conocimiento de las personas y permiten enmarcar una dada tarea. Cuando las personas se enfrentan a un estímulo del entorno, prestan atención a algunos rasgos del mismo, ignorando el resto. Este proceso también incluye la decisión del comportamiento que es apropiado a la situación dada. Hay algo entre la codificación de la entrada sensorial y el proceso de interpretar esa información: un filtro de control que elige cuáles recursos van a ser activados. La activación de recursos epistémicos siempre conlleva la activación de recursos conceptuales y viceversa, se trata de procesos simultáneos y complementarios.

⁵ Esta característica es la que distingue a los recursos cognitivos de los primitivos procedurales (p-prims) definidos por diSessa (1998).

A modo de síntesis se presentan algunas características de los recursos cognitivos:

- Los estudiantes poseen una colección de recursos cognitivos adquiridos a través de su experiencia cotidiana y de su escolarización previa, que se activan ante demandas específicas
- La activación de esos recursos es sensible al contexto de aplicación. Hay contextos que “llaman” a ciertas activaciones
- Los recursos cognitivos no son correctos ni incorrectos en sí mismos, sino productivos o no para abordar una situación física concreta. Un mismo recurso puede ser productivo para ciertas situaciones e improductivo para otras.
- Todos los recursos de los que dispone una persona existen porque han sido útiles en algún contexto, de lo contrario no existirían como tales
- Son elementos cognitivos básicos cuya activación conjunta da lugar a los comportamientos observables

Desde esta perspectiva múltiple y contextualizada de la cognición –que los fenómenos cognitivos que se observan son producto de la activación conjunta de objetos cognitivos más elementales y que esa activación depende del contexto del problema– es posible entender mejor la naturaleza del conocimiento que estudiantes de física activan al resolver problemas. En la sección que sigue, se presenta un estudio de casos diseñado a partir de predicciones provenientes de la perspectiva anterior. En particular se explora la viabilidad de una estrategia que, acorde a los fundamentos mencionados, podría favorecer en los estudiantes una utilización productiva de sus recursos cognitivos (conceptuales) para abordar una situación física concreta.

El estudio

El estudio es exploratorio y de naturaleza interpretativa, priorizando el análisis en profundidad de unos pocos casos. Los resultados resultarán en hipótesis acerca del comportamiento de los sujetos (casos) investigados. Esta decisión se basa en la naturaleza de aquello que se desea estudiar: procesos cognitivos de estudiantes resolviendo problemas de física. Los registros fueron analizados independientemente por los dos autores del trabajos y luego discutidos para lograr una interpretación compartida.

A- Antecedentes

Este trabajo se basa en resultados de un estudio previo en el que se relevaron algunos recursos cognitivos que estudiantes universitarios de física activaban para resolver problemas de óptica y de electromagnetismo. Uno de los problemas de óptica consistía en preguntar cuál era el tamaño mínimo de un espejo y a qué altura debería colgarse sobre una pared para que una persona parada en frente de ese espejo pudiera ver completamente su imagen (Fig. 1). Muchos estudiantes activaron dos recursos para dar respuesta a esta pregunta. Un recurso denominado *contenedor* según el cual, el espejo debe tener el mismo tamaño de la imagen para poder ser observada completamente. Activan este recurso junto a otro denominado *perspectiva* según el cual, la imagen percibida es más pequeña a medida que la persona se aleja del espejo. Cuando ambos recursos están activados, el tamaño mínimo del espejo disminuye a medida que la persona se aleja del espejo. El recurso de perspectiva es productivo para entender muchos procesos relacionados con la percepción visual, en particular para explicar la variación de los tamaños percibidos de los objetos a distintas distancias. También podría ser productivo para este problema, es decir para percibir nuestra propia imagen en el espejo, pero no lo es cuando es activado conjuntamente con contenedor.

Considere una persona parada frente a una pared sobre la cual se desea colgar un espejo plano



Esta persona mide 1,65 m y tiene sus ojos a 1,55 m de sus pies. Calcule a qué altura se deberá colgar el espejo y qué altura mínima tendrá que tener para que la persona pueda verse completamente en él.

Figura 1: Tarea dada a los estudiantes en un estudio previo

B – Estudio actual

Fundamentación de la elección del material presentado

A partir de los resultados anteriores, se pensó un contexto que pudiera provocar la activación de recursos que son productivos para abordar el problema del espejo. Para este problema, no es productiva la activación del recurso de contenedor para pensar en tamaños mínimos de espejos para verse completamente, pero sí es útil el recurso de perspectiva para entender la percepción visual. A partir de esto se pensó una situación capaz de activar sólo el recurso de perspectiva. La situación que se propone es la de una persona observando a otra a través de una ventana -cuyo tamaño se desea determinar- a fin de que una de ellas pueda ver completamente a la otra (problema 2 de la figura 2). Si las personas tienen el mismo tamaño y están a la misma distancia de la ventana, la solución para este problema es idéntica a la del espejo. Pero a diferencia del espejo, para pensar en esta situación se activaría solamente el recurso de perspectiva. La conjetura se sustenta en la cotidianeidad de mirar objetos a través de una ventana que no necesariamente tienen el tamaño de la ventana. Si esta conjetura resultara acertada, entonces los resultados del estudio tendrían valor instruccional en el sentido que encontraríamos contextos que permiten a los estudiantes activar distintos recursos que dan lugar a la contrastación y reflexión acerca de sus propias respuestas en distintos contextos.

Problema 1

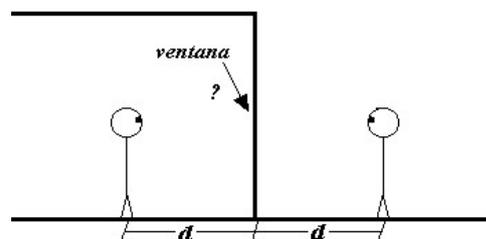
Considere una persona parada frente a una pared sobre la cual se desea colgar un espejo plano, como muestra la figura.



- 1- ¿Cuál es el espejo más chico y a qué altura se deberá colgar para que la persona pueda ver su imagen completa en ese espejo?
- 2- Si ahora esta persona se aleja del espejo una cierta distancia x , ¿cambia la respuesta anterior?

Problema 2

Una persona está en su habitación mirando hacia la ventana y observa a otra persona que está afuera, como muestra la figura. Ambas personas tienen la misma altura, y se encuentran a la misma distancia de la pared



- 1- ¿Qué tamaño mínimo debería tener la ventana y a qué altura debería estar para que la persona dentro de la habitación pueda observar completamente a la que está afuera?
- 2- Si la persona en la habitación se aleja de la ventana una distancia x , ¿cambia la respuesta anterior?

Figura 2: Tarea dada a los estudiantes en el estudio actual

La tarea y los sujetos

Para ver en qué medida esta nueva situación ayuda a activar recursos productivos para abordar el problema del espejo, se entrevistaron cuatro grupos de estudiantes universitarios de física mientras resolvían los dos problemas que se muestran en la figura 2. Los nueve estudiantes entrevistados (tres grupos de dos y un grupo de tres) son estudiantes universitarios de física de carreras de Ciencias Químicas, que al momento del estudio acababan de promover la asignatura en la que se desarrollan contenidos de óptica, y que aceptaron voluntariamente participar del estudio. Éste se planteó como una actividad informal e independiente del curso de física. Sus entrevistas – realizadas por grupos- fueron grabadas y transcritas.

Las consignas eran que hablaran en voz alta, discutieran y dieran respuesta a cada uno de los problemas presentados. La función del entrevistador fue la de hacer preguntas durante las entrevistas cada vez que lo considerara oportuno a fin de aclarar ideas o explicaciones. De manera sistemática, al finalizar los problemas 1 y 2, el entrevistador preguntaba explícitamente si encontraban similitudes y/o diferencias entre esos problemas, y si deseaban cambiar alguna de las respuestas antes dadas. El propósito de esta última actividad fue brindar a los estudiantes la posibilidad de contrastar y conciliar sus respuestas en distintos contextos.

Se optó por un análisis interpretativo de pocos sujetos dado que se considera que es una metodología adecuada para extraer información confiable acerca de procesos de pensamiento. Por este motivo los resultados se organizan alrededor de extractos de las verbalizaciones de los sujetos ocurridas en distintos estadios de la resolución de los problemas. Se diseñó el estudio en forma grupal ya que esta organización otorga más naturalidad a la tarea, promueve mayores verbalizaciones e invita a una mayor reflexión y discusión de las ideas expuestas, en comparación con una tarea individual.

Resultados

- *El problema del espejo*

Cuando los sujetos son preguntados acerca del tamaño mínimo de un espejo para poder verse completamente, activan el recurso de contenedor aplicado al espejo que “contiene” la imagen. Cuando ellos se imaginan cerca del espejo, parecen percibir una imagen de su mismo tamaño, y dicen necesitar un espejo de su mismo tamaño para verse completamente. Los que siguen son algunos extractos representativos de las respuestas de los sujetos de los cuatro grupos ante la primera pregunta del problema 1:

Valeria, Darío y Gustavo: *y...tiene que tener el mismo tamaño de la persona*

Valeria: *y colgado desde el piso...*

Darío: *si, desde el piso y hasta la cabeza*

Ana: *y...tiene que ser del tamaño de él el espejo para que se vea completo... y a la altura de la cabeza...o sea de ahí para abajo hay que ponerlo*

Guillermo: *si, como dice ella, tiene que ser del tamaño de la persona...yo creería que sí porque si está derecho vos ves lo que está en frente tuyo...no llegás a ver hacia abajo...no sé, en la vida cotidiana yo no probé*

Mauricio: *y...el espejo del tamaño del hombrecito...y...sí, ese es el espejo más chico...para mi tiene que tener la altura del hombrecito y estar ubicado con el borde de abajo en el piso*

Mara: *si...deber ser así...*

Claudia: *...o sea si es chiquito el espejo, si lo ponemos frente a nosotros no nos vemos, por ejemplo si es como mi mano...a menos que esté a una distancia muy lejos...*

Pablo: *claro, eso tiene que ver con la distancia...*

Los extractos que siguen corresponden a la segunda pregunta, referida al tamaño del espejo cuando la persona se aleja de él. Estas respuestas parecen indicar que cuando la persona se aleja del espejo, el recurso de contenedor sigue activado aunque ahora evidentemente acompañado por el recurso de perspectiva. O sea, se puede interpretar que como la persona más alejada es más pequeña (perspectiva), y como la imagen está contenida en el espejo (contenedor), entonces se necesitaría un espejo más pequeño para verse completamente. Excepto el último grupo, el resto no duda respecto a la posibilidad de achicar el espejo cuando las personas se alejan para poder verse completos, resultados que refuerzan los obtenidos en el estudio previo:

Valeria y Darío: *sí, porque se va a ver más alejado...*

Gustavo: *se hace más chica la imagen en el espejo...*

Valeria: *o sea que al principio se tendría que haber comprado un espejo más chico y alejarse...*

Guillermo: *y si...cambia, porque la imagen se encuentra más lejos y ocupa menos lugar en el espejo...*

Ana: *claro...podés poner un espejo más chico...porque se achica la imagen en el espejo*

Mara: *...y bueno...mientras más te alejás más chiquita va a ser la imagen...*

Mauricio: *entonces más chico tiene que ser el espejo...*

Mara: *por eso necesitas un espejo más chico...*

Cuando estos sujetos piensan en el problema del espejo, es posible que activen perspectiva con contenedor desde el primer momento. Puede interpretarse que al estar “cerca” del espejo, ellos perciban a su imagen de su mismo tamaño, lo que correspondería a una perspectiva para una distancia “cero” del espejo. Sin duda, el recurso de perspectiva con contenedor se hace más evidente cuando responden acerca del tamaño del espejo cuando la persona se aleja.

‘El último grupo, activa perspectiva con contenedor durante un tiempo muy corto y luego de la pregunta del entrevistador acerca de los rayos, consideran la posibilidad de responder el problema con lo que estudiaron en el curso de física, intentando trazar los rayos para chequear si la respuesta que dieron en primer lugar (usar un espejo más pequeño) es consistente con lo que estudiaron en física. El dibujo que ellos han construido indica que el tamaño del espejo no cambia con la distancia al mismo, y dan esa respuesta.

Claudia: *...bueno, eso va a depender de la distancia porque hay veces que te ves tan grande que no llegás a entrar en el espejo...si es chiquito...entonces si a ese espejo lo ponemos frente nuestro, no nos vemos...o sea si es chiquito como mi mano por ejemplo...a menos que esté muy lejos...*

Pablo: *claro, eso tiene que ver con la distancia...*

Entrevistador: *¿y porqué te parece que si estás muy lejos, por más que sea chico el espejo, te podés ver?*

Claudia: *bueno...porque se aleja el punto de convergencia...ay no! (risas) ah! Porque mis rayos llegan...del espejo...*

Entrevistador: *¿cuáles rayos?*

Claudia: *bueno, porque yo necesito...yo necesito de la hoja...(hace un dibujo de la persona, su imagen, el espejo) si esta soy yo...esta mi imagen...y los rayos...no...me estoy equivocando...*

Pablo: *no...es que esta distancia acá tendría que ser la misma (se refiere a la distancia objeto y la distancia imagen)*

Claudia: *claro, eso (corrige y traza el cono de visión desde su ojo a su imagen)*

Entrevistador: *¿y si te alejás más del espejo tendrá que ser más chico?*

Pablo: *claro...mientras más lejos esté la persona del espejo, el ángulo subtendido por el ojo hacia la imagen va a achicarse, tendiendo a cero...y mientras más cerca esté la persona el ángulo va a ser distinto...entonces si hay una persona acá, es decir más cerca...(sigue con el dibujo)...*

Claudia: *yo estoy intentando ver que una persona que esté lejos pueda ver su imagen completa en un espejo muy chiquitito pero...(empieza otro dibujo nuevo con una persona más lejos)...no... es que se me va para abajo y no me queda más chico...(advierte que el espejo no cambia con la distancia)*

- *El problema de la ventana*

Ante la primera pregunta de este problema, tres sujetos de uno de los grupos responden que para verse completos el tamaño de la ventana tiene que ser el mismo de las personas (contenedor). Preguntados si ellos viven en departamentos y si ven objetos a través de alguna ventana, todos cambian su respuesta y dicen ver objetos grandes a través de ventanas más pequeñas (perspectiva):

Valeria: *Ah! Por una ventanita chiquita puedo ver un montón de cosas!...depende de la distancia...*

Darío: *depende de cuan alejado esté...si están a igual distancia...va a ver...porque si yo pongo la ventanita acá si quiero ver la calle, la veo completa porque está más lejos, pero si quiero ver la ventana del frente que está más cerca, la veo un poquito más chica nomás, a no ser que yo me ponga...y depende de las dos distancias: la mía y de lo que quiero ver*

Mientras Valeria y Darío hablan, Gustavo comienza a dibujar una ventana y las dos personas a igual distancia. Determina el tamaño de la ventana dibujando el cono de visión desde el ojo de la persona de adentro hacia el cuerpo de la de afuera. Valeria sostiene que si ambos están a la misma distancia de la ventana, el tamaño de la misma debe ser el de las personas (contenedor). Gustavo dice que arriba sí, la ventana tiene que estar a la altura de la cabeza, pero abajo no hace falta que llegue al piso y les muestra eso en su dibujo:

Gustavo: *sí, pero puede ser la ventana de acá hasta acá (muestra en su dibujo) no hace falta que sea hasta el piso*

Valeria: *pero no la ves entera!*

Gustavo: *sí!*

Valeria: *para mí por estar las dos personas a la misma distancia tiene que ser entera la ventana*

Gustavo: *no, no, yo digo que si la ventana está a esta distancia como la del dibujo, puede arrancar en la cabeza y no hace falta que llegue hasta el piso, o sea no hace falta que sea del tamaño de los hombrecitos, lo vas a ver igual...porque te llegan estos rayos acá...*

Valeria: *ah...*

Después de un rato de discusión, preguntados nuevamente de qué tamaño debería ser la ventana para verse completamente Valeria -ya no tan convencida- responde “*no, es que no sé, yo no creo que se vean si la ventana no es entera, aunque parece lógico lo que dicen ustedes con ese dibujo..*”. Después de la segunda pregunta Valeria parece activar perspectiva otra vez y todos acuerdan que si la persona de adentro se aleja de la ventana, se debería aumentar el tamaño de la ventana para ver al de afuera:

Valeria: *ah! Si! entonces acá sí tendría que ser más grande la ventana... a ver Gustavo... dibujá (se refiere a que dibuje la persona de adentro más lejos)... igual ya lo ves...va a tener que ser más grande la ventana...*

Los que siguen son los extractos más representativos del grupo formado por Ana y Guillermo cuando hablan del mínimo tamaño de la ventana para observar a la persona de afuera. Ana y Guillermo, a diferencia de lo que responden en el problema del espejo, activaron naturalmente el recurso de perspectiva para decidir el tamaño de la ventana:

Guillermo: *entonces las dos personas se ven las caras...o sea ...pero no hace falta que sea del tamaño de la persona (Ana asiente)*

Entrevistador: *¿cómo te diste cuenta de eso?*

Guillermo: *porque vos podés ver hacia abajo también...en una ventana más grande podés verle los pies hacia abajo...*

Ana: *para mí, la ventana tendría que ser de la mitad de la altura del que está adentro...*

Guillermo: *¿puedo hacer un dibujo? (dibuja las personas, dibuja el cono de visión de la persona de adentro y determina el tamaño de la ventana)*

Leen la segunda pregunta:

Guillermo y Ana : *sí, cambia el tamaño de la ventana*

Guillermo: (hace un dibujo de la persona más lejos y determina del mismo modo que antes el nuevo tamaño de ventana) *sí, tiene que ser un poquito más grande la ventana (Ana acuerda)*

Mara y Mauricio primero responden a las preguntas del problema de la ventana exactamente igual que al problema del espejo. Dicen que el tamaño mínimo de la ventana para poder verse completamente debe ser igual al tamaño de la persona, y que ésta puede ser más chica cuando la persona de adentro se aleja. Mauricio comienza a dudar de esa respuesta y Mara intenta convencerlo a partir de lo que ocurre cuando las personas miran a través de una cerradura. A partir de este ejemplo, ambos parecen haber activado el recurso de perspectiva:

Mauricio: *ah no... si uno sólo se aleja de la ventana entonces ésta no puede ser más chica... porque si el de afuera está quieto, el de adentro lo va a ver del mismo tamaño o sea del tamaño de la ventana*

Mara: *no! Porque si vos te alejás entonces lo ves al otro más chico...¿no hay veces que has visto una persona entera por una cerradura? ...por un huequito chiquito podés ver una persona entera!*

Mauricio: *bueno, pero si ese huequito es una ventana, vos ves completa a la persona de afuera pero el de afuera no te ve completo a vos...entonces si vos te alejás del agujerito o ventana ya no vas a ver más al de afuera, a menos que amplíes esa ventana o agujerito*

Mara: *no, pero yo digo que el de adentro no va a poder ver al de afuera si se aleja, pero el de afuera si va a poder ver al de adentro aunque la ventana se achique un poco...*

A partir de una intervención del entrevistador, por primera vez contestan a partir del trazado del cono de visión de la persona en el interior de la habitación. Aparentemente han desactivado contenedor para la ventana y mantienen, durante lo que resta de entrevista, que la ventana debe tener la mitad de altura de la persona para que la de adentro pueda observar completa a otra afuera:

Entrevistador: *volviendo a la persona que quiere ver a otra a través de una ventana, supongamos que tenemos las personas ahí como dijimos y la ventana en vez de empezar en el piso, empezara un poco más arriba del piso ¿se podrían ver?*

Mauricio: *no*

Entrevistador: *¿qué parte no se podrían ver?*

Mara: *no! el de adentro sí lo podría ver al de afuera...(dibuja por primera vez el cono de visión en el dibujo)*

Mauricio: *no! lo va a ver hasta acá nomás (marca la altura donde empieza abajo la ventana)*

Mara: *no! lo va a ver entero...pasa como en el caso que seamos nosotros los que estamos en la ventana y como dije antes, que podés mirar por una rendija chiquita a alguien entero afuera...hay uno que sí lo puede ver entero al otro pero el otro no lo puede ver entero a él (parece que convence a Mauricio)*

Entrevistador: *entonces de qué tamaño tiene que ser la ventana?*

Mara: *no tiene que ser del tamaño de ellos...ahí está!...*

Mauricio: *ah! es verdad...entonces puede ser...la mitad del cuerpo de uno el tamaño...(mira el dibujo)*

Entrevistador: *¿cómo se dan cuenta de ese tamaño?*

Mara: *y, por los rayos...(se refiere a los rayos que determinan el cono de visión)*

Mauricio: *y sí...acá te queda un tamaño como la mitad del cuerpo...*

Claudia y Pablo reconocen al problema de la ventana como igual al del espejo y trazan el cono de visión para determinar el tamaño de la ventana. Parecen activar espontáneamente perspectiva para entender esta situación.

Pablo: *bueno...es más o menos similar al problema del espejo, lo que pasa es que ahora en vez de estar frente a un espejo...no! es exactamente lo mismo porque las distancias son las mismas y el tamaño es el mismo...*

Claudia: pero ahora hay un objeto del otro lado de la ventana...

Pablo: pero con las mismas propiedades que la imagen...

Claudia: ...y para que lo observe completamente tiene que estar todo esto (se refiere al tamaño de la persona)...pero no se si tiene la misma altura

Pablo: no, si vos trazás desde el ojo hasta los pies del tipo de afuera ahí puede ser..o sea si la cortás ahí a la ventana lo vas a ver entero (dibuja el cono de visión y determina el tamaño de la ventana)

Claudia: ah...

Entrevistador: ¿y qué pasa cuando la persona de adentro de la habitación se aleja de la ventana?

Claudia: y...tenés menos visión...porque si vos te alejás la ventana sigue teniendo el mismo tamaño pero tenés menos campo visual

Pablo: claro, y si te acercás tenés más campo visual

Claudia: es más...si te acercás bien a la ventana podés ver todo

- La comparación de ambos problemas

Al preguntar si los dos problemas son parecidos o no, Valeria y Gustavo dicen que la ventana es como el espejo y, a partir de la comparación deciden cambiar la respuesta para el espejo. Aparentemente, el recurso de perspectiva activado para el problema de la ventana fue ahora activado para resolver el problema del espejo:

Valeria: y sí, cambiamos como la ventana, porque nosotros dijimos que el espejo tenía que ser del mismo tamaño de las personas...y en el de la ventana no...

Gustavo: porque ahora en este del espejo nos habíamos dado cuenta de que no hace falta que tenga el mismo tamaño el espejo, puede ser como el tamaño de la ventana...

Cuando van a comparar las segundas respuestas de los dos problemas advierten que tienen respuestas muy distintas para un caso que para otro:

Gustavo: ...o sea que el espejo sería como la ventana aquella...entonces si aquella ventana se tiene que agrandar cuando te alejás y el espejo se achica cuando te alejás...o sea que la ventana se tendría que achicar??

Valeria: a ver... hacé el niño acá atrás... a ver que pasa con el espejo...(quiere corroborar con el gráfico lo que están contestando)

Todos colaboran para hacer el nuevo gráfico donde la persona está más atrás y encuentran que el tamaño del espejo no cambia si la persona se aleja. Sin embargo ese resultado los confunde porque contradice sus intuiciones respecto de lo que piensan que ocurre cuando las personas se alejan de los espejos:

Valeria: o sea para mí, bueno el dibujo no está a escala, pero el espejo éste se mantiene del mismo tamaño...

Entrevistador: ¿les extraña esta respuesta?

Valeria: si ...es por lo que decíamos eso de que si nosotros nos íbamos alejando el espejo podía ser más chico...

Gustavo: es porque vos tenés un espejo y te vas alejando entonces te ves cada vez más chico! Si te ponés un espejo para verte la cara y te alejás, te empezás a ver más...las imágenes son más chicas o sea te hace falta menos espejo...

Valeria: es que no sé si son más chicas las imágenes, vos te ves como más chico...¿porqué decís que son más chicas las imágenes?

Gustavo: porque vos en el espejo te ves más chico que lo que sos

Valeria: ¿sí? ¿y porque entonces acá dibujas exactamente lo mismo? (se refiere a la imagen del dibujo de Gustavo) ... no es más chica la imagen!...vos te vas alejando y lo ves más chico porque tenés el espejo allá, pero la imagen debería

ser del mismo tamaño que vos...si es lo que dibujaste acá, mirá, a este lo dibujaste más lejos...y acá la imagen la hiciste igual! No la hiciste más chica!

Gustavo: *no, no se...es que no me convence entonces cual es el problema porque acá el espejo tendría que ser el mismo según este dibujo (se refiere al dibujo que muestra que el tamaño del espejo no cambia con la distancia)... pero no es lo que yo creo...*

Gustavo encuentra inconsistente lo que él cree que pasa con los espejos y lo que arroja el dibujo de los rayos y confía más en su intuición que en la respuesta del dibujo. Darío y Valeria le insisten varias veces en que mire el gráfico para convencerse y él responde:

Gustavo: *no, es que yo con la imagen esa no me voy a dar cuenta...porque la imagen va a ser siempre del mismo tamaño...no me doy cuenta con eso porque ya lo hicimos y no me da...no sé, es lo que yo pienso...*

A partir de la pregunta del entrevistador acerca de si los espejos mismos son percibidos más pequeños al alejarse, Gustavo parece poder resolver su contradicción entre el resultado del gráfico con lo que él cree que pasa con los espejos.

Entrevistador: *bueno, vos decís que te ves cada vez más chico porque te alejás del espejo, entonces al espejo ¿lo verás más chico también?*

Valeria: *ah! sí! al espejo también lo ves más chico cuando vos te alejás!*

Gustavo: *sí, puede ser...*

Valeria: *ahí está lo que nos estaba faltando, viste?... que el espejo se achica...entre comillas...*

Gustavo: *bueno, es que se achica...claro, vos lo ves más chico...¡ah, mirá! Claro, sí, porque también se está achicando el espejo...se va achicando con la imagen entonces se van achicando los dos...*

Darío: *y al ver la imagen más chica y el espejo más chico seguimos viendo todo como antes...*

Cuando comparan los dos problemas, Ana y Guillermo cambian sin dudar la primera respuesta del problema del espejo:

Ana y Guillermo: *el espejo plano hace la misma imagen que esta persona del lado de afuera de la ventana...es como si fuera un espejo esta ventana....*

Guillermo: *entonces no hace falta un espejo tan grande como dijimos antes sino que con uno más chico uno podría verse...porque si esta ventana fuese un espejo, esta persona de afuera sería la imagen virtual de la persona de adentro, entonces no hace falta que el espejo sea tan grande como él...con el tamaño de esta ventana acá (se refiere a su dibujo), él con los reflejos de los rayos se puede ver*

Ana: *Ah*

Cuando ellos comparan las segundas respuestas para el caso en que las personas se alejan, Ana duda de la respuesta que habían dado para el espejo, a diferencia de Guillermo, que la mantiene:

Entrevistador: *¿ y para las segundas preguntas de los dos problemas?*

Ana: *y...para el espejo habíamos dicho que se achicaba...*

Guillermo: *se achicaba...*

Ana: *pero en realidad...no se si se achicaría porque si trazamos los rayos acá...(se da cuenta que la imagen siempre tiene el tamaño del objeto)*

Guillermo: *no... tiene que ser más chico el espejo...porque se achica la imagen...no sé, lo que pasa es que yo estoy acostumbrado a que cuando veo en un espejo las cosas que están más atrás son más chiquitas...*

A partir de la intervención del entrevistador, Guillermo comienza a dudar de su respuesta para el espejo e intenta entender a partir del trazado de conos de visión que utilizaron para resolver el problema de la ventana. Ana y Guillermo tienen confianza en la respuesta que les arroja el dibujo de los rayos y se deciden por ella rápidamente, aunque no queda claro si pudieron conciliar su intuición con lo que dice el dibujo.

Entrevistador: *sí, es verdad, vemos las cosas como más chicas, pero se achican las cosas cuando están más lejos?*

Ana y Guillermo: *no* (vuelven a ver el dibujo de la ventana que hizo Guillermo)

Guillermo: *ah, no...*

Entrevistador: *¿quieren hacer un dibujo?*

Guillermo: *sí* (empieza a hacer un dibujo trazando el cono de visión ahora para el espejo)... *cuando vos estás cerca y el espejo es la mitad tuyo, si mirás para abajo te ves el reflejo de los pies también...si ¡me da!* (terminó el dibujo)

Entrevistador: *¿qué te dio?*

Guillermo: *que no hay que variar*

Entrevistador: *¿el espejo o la ventana?*

Guillermo: *la ventana y el espejo...suponiendo que cada vez que se corre una persona se corre la otra...pero si se corre uno sólo, ahí si cambia la ventana*

Ana: *ah, si...*

A partir del pedido de comparación de ambos problemas, Mara y Mauricio contestan que al principio el espejo debe ser del tamaño de la persona, pero empiezan a dudar respecto de achicar el espejo cuando la persona se aleja. Con el problema del espejo, comienzan a transitar por un estado de confusión entre lo que piensan respecto de lo que ocurre cuando las personas se alejan de los espejos y lo que aprendieron en física:

Entrevistador: *¿tienen algo parecido los problemas de la ventana y el espejo?*

Mara: *y...al principio el espejo tienen que tener el tamaño de las personas y después cuando se alejan...la ventana no puede ser más chica... por lo que dijimos antes...* (empieza un dibujo de una persona un espejo y su imagen)

Mauricio: *ah... pero el espejo tampoco puede ser más chico...por la imagen...(se da cuenta que la imagen no se achica)*

Mara: (sigue dibujando)...*nosotros decíamos que si tengo un objeto frente a un espejo plano, se va a formar una imagen igual y a la misma distancia pero atrás del espejo...pero me parece que me contradigo con la realidad porque yo en mi casa, me miro en ese espejo grande y cuando me alejo me veo más chica...si vos te alejás te ves más chico...(Mauricio está de acuerdo) ...*

Preguntados nuevamente acerca del tamaño del espejo, Mara cambia su respuesta para la primera pregunta, y responde lo mismo que respondió para el tamaño de la ventana (o sea un espejo de la mitad de la altura de la persona) sin manifestar ninguna contradicción con lo que había contestado antes (que el espejo tenía que tener el tamaño de la persona). Puede interpretarse que ella sigue manteniendo activado el recurso de perspectiva con contenedor, a partir del cual no le molesta que en un momento dado (determinado por la distancia inicial entre persona y espejo que se muestra en el enunciado) el espejo pueda tener la mitad de tamaño de la persona para poder verse. Sigue el estado de confusión para la segunda pregunta.

Entrevistador: *¿y qué pasa con el tamaño del espejo para verse completo?*

Mauricio: *no, en el espejo no...y porque...bueno...pero si vos te ves en un espejo así acá* (compara con el tamaño de la ventana que determinaron antes) *vos te vas a ver la mitad nomás*

Mara: *no, te ves todo, pero a medida que nos vamos alejando del espejo se va a ir achicando la imagen...voy a dibujarlo...mirá...ponele que vos...(se pone a dibujar una persona, un espejo, la imagen y el cono de visión para una persona más alejada) se supone que al alejarlo...ah! no, me confundió esto porque yo decía antes, cuando estábamos estudiando física, que en un espejo plano el objeto es igual a la imagen pero entonces yo si lo pienso...si yo me alejo del espejo la imagen es más chica!...*

Mauricio: *el tamaño del espejo es el mismo... : y...no sé, porque si esto se va alejando cada vez más (la persona y su imagen), si yo pongo la regla para trazar los rayos (cono de visión), éstos se van a ir corriendo y te queda siempre el mismo espejo...*

Mara: *y ...pero el espejo tendría que ser más chico...*

Entrevistador: *¿eso dice el dibujo de ustedes?*

Ambos: *no*

Mara vuelve a cambiar su respuesta acerca del tamaño cerca del espejo, dice que tiene que tener la altura de la persona. Mauricio intenta conciliar las dos respuestas: que el espejo mínimo se achica cuando las personas se alejan del espejo pero sólo hasta cierto punto (que es la distancia del dibujo entre la persona y el espejo), a partir de lo cual, el tamaño del espejo permanece constante:

Entrevistador: *entonces que respuesta darían para el espejo?*

Mara: *y bueno, que a medida que nosotros nos alejamos del espejo ya no necesitamos un espejo de nuestra altura sino un espejo más chico*

Mauricio: *pero llega un punto en que no...*

Mara: *el más grande es éste, al principio todo esto (el tamaño de la persona) o sea, una persona frente al espejo es del mismo tamaño, y a medida que se va alejando el tamaño mínimo del espejo va disminuyendo (Mauricio está de acuerdo)*

Mauricio: *o sea, a partir de acá (la persona a la distancia que marca el problema) para mí se mantiene constante el tamaño del espejo*

A partir de una pregunta del entrevistador, la conciliación de Mauricio se desvanece y vuelven a la confusión entre lo que ellos creen y lo que dicen los rayos

Entrevistador: *¿qué pasa si hacés una persona más cerca del espejo que la del dibujo éste? (una distancia más chica que la del dibujo del enunciado)*

Mauricio: *(dibuja una persona más cerca)...y...tiene que ser igual... sí tiene que ser igual el espejo! (risas)*

Mara: *ay! no se!*

Entrevistador: *¿algo les parece raro?*

Mara: *no, es que para mí, esto está mal (se refiere al dibujo)...y no sé! Porque pienso que si vos te parás frente al espejo...porque acá supuestamente es el mismo tamaño pero no!...no creo que sea del mismo tamaño...*

Entrevistador: *¿qué dicen los dibujos?*

Mara: *que el espejo es del mismo... tamaño!! (risas)*

Mara y Mauricio activan el recurso de perspectiva durante el problema de la ventana a partir de que Mara hace la comparación de mirar a través de una ventana con mirar a través de una cerradura. Aparentemente mirar a través de una cerradura es la situación que espontáneamente provoca en ella la activación de ese recurso. Respecto del problema del espejo, y al igual que los grupos anteriores, advierten respuestas contradictorias que les producen estados de confusión entre lo que obtienen a partir del dibujo de los rayos y lo que ellos creen que ocurre cuando se alejan de un espejo. Su intuición les hace dudar de la respuesta obtenida a través de los rayos y hasta el final de la entrevista no pudieron conciliarlas.

Claudio y Pablo comparan ambos problemas y califican de idénticas a las situaciones correspondientes a las primeras preguntas:

Entrevistador: *¿y eso es lo mismo que pasa con el espejo?*

Claudia: *no! (risas) porque yo cuando estoy frente a un espejo me empiezo a alejar para verme bien*

Pablo: *si, lo que pasa es que cuando la persona se acerca al espejo, la imagen también se acerca entonces no te podés ver...por eso te tenés que alejar...en cambio, en la ventana si vos te acercás a la ventana, la persona de afuera está en el mismo lugar, entonces ahí si la vas a ver...y si vos te alejás mucho no la vas a ver...pero si vos te alejás mucho y la persona de afuera también se aleja mucho ahí si se van a ver*

Entrevistador: *a ver, tratemos de contestar lo que pregunta el problema...*

Claudia: *yo, para contestar el tamaño de la ventana, trazaría un rayo desde acá de los ojos de la persona de adentro hasta la cabeza de la de afuera y otra hasta los pies...entonces eso me da la medida de la ventana y la altura (queda determinado en el dibujo que hace)*

Entrevistador: *¿y del espejo?*

Claudia: *ah!...y para el espejo igual, porque las distancias son las mismas!*

Pablo: *también!*

Al comparar las segundas respuestas, trazan los conos de visión para el problema del espejo y encuentran que el tamaño del espejo no cambia. Esta respuesta no convence a Pablo, quien cree que el espejo debería ser cada vez más chico, y eso le genera confusión

Entrevistador: *¿y qué pasa cuando la persona se aleja de la ventana y del espejo?*

Claudia: *y...si yo la alejo acá...va a ver...media justa...si...y ya le corta los pies (hace un dibujo y observa que necesitaría una ventana más grande), en cambio en el espejo, la imagen se aleja la misma distancia....(hace el mismo procedimiento de determinar el cono de visión)...y sigue siendo igual!!*

Entrevistador: *¿y si se aleja un poco más?*

Claudia: *bueno...a ver...si le hago la misma altura (está dibujando)...las distancias tienen que ser iguales...*

Pablo: *no sé...yo tengo el espejo (trata de dibujar él) ... la imagen de la misma altura...o sea...mientras mas se aleje...bueno ahora sí determiné el tamaño del espejo...sería entre estos dos puntos...si esta persona se aleja, su imagen también, sería que ...éste se vería igual...y este también se vería igual...claro!! siempre se verían ellos!! Jamás se vería más (se refiere a que no sobra espejo)*

Claudia: *no sé, yo tengo un espejo de cuerpo entero, me veo siempre, pero nunca tuve tanto espacio para irme para atrás...entonces no sé que pasa...pero yo tengo un espejo medio inclinado...no es lo mismo...me veo más...*

Pablo: *si pero no sé...hay algo que no me cierra...yo acabo de decir que si yo me alejo siempre voy a necesitar el mismo tamaño de espejo...pero si yo me alejo de una vidriera o de un espejo, la imagen se hace más chiquita...no quiere decir que el espejo se hace chiquito junto con la imagen...entonces cada vez te vas a ver más...por eso hay algo mal acá (se refiere al dibujo de los rayos que le dan el mismo tamaño de espejo siempre)...o sea...está bien el gráfico...o sea está bien...pero falta algo más...que tiene que ver con el tamaño de la persona porque este tipo se hace más chiquito...algo que tiene que ver con la percepción visual...no sé...algo no me cierra...*

Claudia: *no te podés ver mas chico...bueno, si, por la lejanía... porque tus ojos ven más lejos*

Pablo: *eso es percepción visual...claro... pero eso no tiene nada que ver con el gráfico porque yo no puedo hacer a la imagen mas chiquita...*

Claudia: *no, en realidad vos la estás haciendo igual, vos la ves más lejos frente a un espejo...la imagen es exactamente igual porque el punto este acá tiene que estar a la misma distancia y en la misma dirección (hace referencia a cómo es la imagen en un espejo plano sobre al dibujo)*

Pablo: *claro...pero cuando vos te querés ver en el espejo, al tamaño lo determina acá (en el dibujo) la cabeza y los pies de la imagen...según este dibujo, cuando te hacés para atrás no vas a ver nada más que la cabeza hasta los pies de esa imagen...pero en realidad no pasa eso...cuando vos te hacés para atrás ...te empieza a sobrar espejo...*

Claudia: *da exactamente igual pero está bien!!...eso que vos decís que lo ves más chico es un problema de los ojos...porque si vos esto lo mirás de cerca lo ves más grande y si lo alejás lo ves más chico...eso no pasa por el tamaño de un espejo o una ventana...es que el ángulo es más chico (se refiere al ángulo que subtiende la imagen) entonces a vos la imagen te parece más chica...es lo mismo que si se acerca...ahí tengo un ángulo más grande y por eso la veo más grande...*

Discusión de resultados

¿En qué medida el problema de la ventana ayuda a resolver el problema del espejo?

Los extractos de las entrevistas muestran que la mayoría de los sujetos entrevistados consideran en un principio (antes de alejarse) que el espejo debería tener el tamaño de la persona para verse completamente, y que ese tamaño debería disminuir a medida que las personas se alejan del espejo. Preguntados acerca del tamaño mínimo de la ventana para mirarse completamente las respuestas cambian. Por ejemplo, Valeria, Darío y Gustavo inicialmente dicen que la ventana debería ser del tamaño de la persona, pero preguntados si ellos miran por las ventanas de sus departamentos, cambian de opinión y cuando contestan la segunda pregunta ya no dudan en responder que la ventana tendrá que agrandarse si la persona de adentro se aleja. Algo similar ocurre con Mara y Mauricio, quienes dicen que la ventana debe ser del tamaño de la persona hasta que Mara recuerda lo que ocurre cuando mira a través de una cerradura. El mirar a través de la cerradura les hace dar cuenta que no pueden disminuir el tamaño de la ventana cuando la persona de adentro se aleja de la misma. Ana y Guillermo desde el principio piensan que la ventana puede ser más pequeña y que debe agrandarse para la segunda pregunta, al igual que Pablo y Claudia. Aparentemente, en el contexto de la ventana, la activación del recurso de perspectiva (sin contenedor) ocurre más naturalmente que en el problema del espejo.

Los extractos también muestran que es durante el problema de la ventana cuando estos sujetos (todos excepto Claudia y Pablo) usan lo aprendido en el curso de física por primera vez para respaldar lo que dicen. Durante el problema de la ventana realizan el trazado de los rayos para pensar en el tamaño de la misma y cuando obtienen este resultado no les resulta contradictorio con lo que contestaron a partir de sus intuiciones de los tamaños mínimos de ventanas para poder verse completos. Puede interpretarse que el resultado de mapear el recurso de perspectiva sobre esta situación coincide con el resultado que arrojan los conos de visión y por ello no aparecen contradicciones entre sus intuiciones y lo que dicen sus dibujos de los rayos.

Cuando se les hace el pedido explícito de comparar los dos problemas surgen tres cuestiones interesantes. Una de ellas es que espontáneamente aparece la utilización del trazado de los rayos por primera vez para contestar al problema del espejo (todos excepto Claudia y Pablo, que lo utilizaron antes). La otra cuestión, que se deriva de la primera, es que a menudo cambian su primera respuesta del problema del espejo y contestan lo mismo que para la ventana, es decir que antes de alejarse pueden tener un espejo más pequeño que su tamaño para verse. Este cambio de respuesta para el tamaño del espejo no les genera contradicciones con sus intuiciones, posiblemente porque coinciden con el mapeo de perspectiva y contenedor sobre la persona parada a una cierta distancia frente al espejo. O sea, como la persona está a una cierta distancia del espejo, percibe su imagen más pequeña, y necesita un espejo más pequeño.

Pero sí aparece una contradicción cuando la persona se aleja del espejo. Como consecuencia de haber utilizado el trazado de conos de visión para responder el problema del espejo, aparece sistemáticamente en todos los casos una contradicción entre sus intuiciones respecto del espejo (que necesitarían espejos más pequeños a medida que la persona se aleja) con el resultado que brinda el trazado del cono de visión para determinar la medida del espejo. Podría interpretarse que ellos intentan mapear los recursos de perspectiva y contenedor sobre la situación y el resultado no coincide con el que arroja el cono de visión.

Los extractos de entrevistas presentados muestran, en términos generales, que estos sujetos tienen intuiciones respecto a la visión a través de ventanas, que sí se condicen con lo que efectivamente se puede ver o no a través de una ventana. En otras palabras, ellos parecen recuperar percepciones “reales” respecto a lo que se puede ver a través de una ventana cuando se alejan o se

acercan a ella. Esto no se repite para el problema del espejo. Ellos dicen necesitar espejos mínimos cada vez más pequeños para verse completamente a medida que se alejan, pero eso no es posible que ese sea el recuerdo de sus experiencias previas con espejos planos, porque eso no ocurre en la realidad. De hecho, es quizás esta diferencia lo que precisamente hace que el problema de la ventana pueda resultar de ayuda para resolver el problema del espejo. En términos de recursos cognitivos, la diferencia entre estos dos problemas es que los sujetos no activan contenedor para pensar en tamaños de ventanas y sí lo hacen para pensar en tamaños de espejos, tal como se había conjeturado.

Conclusiones

Para los sujetos entrevistados, el problema de la ventana es útil para resolver el problema del espejo básicamente porque es un contexto en el cual el recurso de perspectiva se activa espontáneamente y porque el mapeo de ese recurso sobre las personas y la ventana no se contradice con la solución del problema basada en el trazado de rayos. La utilidad del problema de la ventana se pone más en evidencia cuando se les requiere a estos sujetos la comparación entre los dos problemas y sus respectivas respuestas. Ante este pedido de comparación, y reconocidas las similitudes de ambas situaciones, surge naturalmente la utilización de los rayos, ahora para resolver el problema del espejo. Como ellos espontáneamente activan perspectiva y contenedor para esa situación, las dos soluciones diferentes les genera un estado de confusión. El valor de este estado de confusión reside principalmente en que es una confusión genuina de dos ideas o resultados generados por el propio sujeto, a diferencia del conflicto generado por una idea del sujeto y otra proveniente de la autoridad (ya sea representada por una disciplina, un libro o un profesor). Resolver este tipo de contradicción interna le da sentido al conocimiento físico del que aprende porque le permite integrar el conocimiento normativo con el conocimiento cotidiano.

Estos resultados muestran cómo un enfoque múltiple y contextualizado de la cognición permite reflexionar acerca de la utilización productiva de los recursos que los estudiantes ya poseen y permite proponer estrategias de enseñanza para resolver problemas en los que los recursos espontáneamente activados no son los productivos para abordarlo. Una estrategia como ésta no sólo permitiría aprovechar recursos naturalmente activados en un contexto para ser utilizados en otro, sino que favorecería situaciones de conflicto a partir de contradicciones propias de los sujetos sobre las que sienten la necesidad de conciliar.

Bibliografía

- Chi, M.; Glaser, R.; y Rees, E. (1982). Expertise in Problem Solving. En Stenberg, R. (Ed.). *Advances in the Psychology of Human Intelligence* (pp 7-75). NJ: LEA.
- Chi, M. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: why some misconceptions are robust. *Journal of The Learning Sciences*, 14(2), 161-199.
- Diakidoy, I.; Vosniadou, S.; y Hawks, J. (1997). Conceptual Change in Astronomy: Models of the earth and of the day/night cycle in American-Indian children. *European Journal of Psychology of Education*, 12(2), pp. 159-184.
- diSessa, A. y Sherin, B. (1998). What changes in conceptual change?. *International Journal of Science Education*, 20 (10), pp. 1155-1191
- diSessa, A. (2004). How should we go about attributing knowledge to students? En E. Redish and M. Vicentini (Eds.), *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School*, Course CLVI (pp. 117-136). Bologna: Società Italiana di Fisica.

- Elby, A. (2001). Helping physics students learn about learning. *American Journal of Physics*, PER Supplement, , 69(7), pp. s54-s59.
- Foster, T. (2000) The development of student problem-solving skills from instruction emphasizing qualitative problem solving. PhD dissertation, Minnesota University, (unpublished).
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research". *American Journal of Physics*, 64(10), pp. 1316-1325.
- Hammer, D. (2000). Student resources for learning introductory physics. *American Journal of Physics*, PER supplement. 68 (7), pp. s52-s59.
- Hammer, D. (2004). Variability of knowledge and reasoning. En E. Redish and M. Vicentini (Eds.), *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School*, Course CLVI (pp. 321-340). Bologna: Società Italiana di Física.
- Hammer, D., Elby, A., Scherr R. y Redish, E. (2005). Resources, framing and transfer. En J. Mestre (Ed.), *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective* (pp. 89-119). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Maloney, D. (1994). Research on problem solving: physics. En D. Gabel (Ed.), *Handbook on Research of Science Teaching and Learning* (pp. 327-354). NY: Mc Millan Publishing Company.
- McCloskey, M., (1983) Naïve theories of motion. En D. Gentner y A. Stevens (Eds), *Mental Models* (pp. 299-324). NJ: LEA.
- McDermott, L. y Redish, J. (1999). Resource letter PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, 67, pp. 755-767.
- Meltzer, D. (2005). Relations between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73, pp. 463-478.
- Mestre, J., Thaden-Koch, T., Dufresne, R. y Gerace, W. (2004). The dependence of knowledge deployment on context among physics novice. En E. Redish and M. Vicentini (Eds.), *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School*, Course CLVI (pp. 367-408). Bologna: Società Italiana di Física.
- Mestre, J., Dufresne, R., Gerace, W., Hardiman, P., y Tonger, J. (1993). Promoting skilled problem-solving behavior among beginning physics students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (3), pp. 303-317.
- Pozo, J. (1996). No es oro todo lo que reluce ni se construye (igual) todo lo que se aprende: contra el reduccionismo constructivista. *Anuario de Psicología*, 69, 127-139.
- Redish, E. (2004). A theoretical framework for physics education research: modeling student thinking. En E. Redish and M. Vicentini (Eds.), *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School*, Course CLVI (pp. 1-63). Bologna: Società Italiana di Física.
- Schnotz , W. y Peuß, A. (1997). Task-dependent construction of mental models as a basis for conceptual change. *European Journal of Psychology of Education*, 12(2), pp. 185-212.
- Warnakulasooriya, R. & Bao, L. Students reasoning across contexts. En J. Marx, S. Franklyn y K. Cummings (Ed.), *2003 Physics Education Research Conference* (pp. 109-112. NY: American Institute of Physics.
- Williams, M.; Hollan, D.; y Stevens, A. (1983). Human Reasoning About a Simple Physical System. En Gentner, D. y Stevens, A. (Eds.) *Mental Models* (pp. 131-154). N.J: LEA.

Recebido em: 10.07.07

Aceito em: 20.01.09