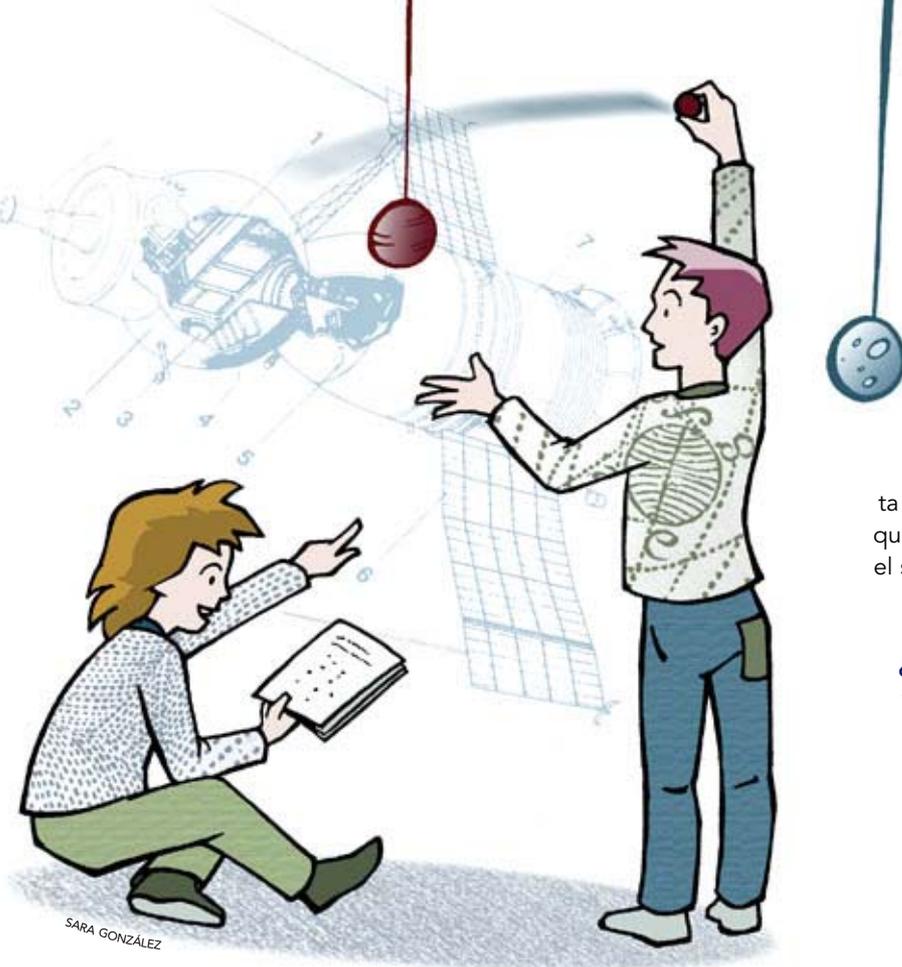


El viaje a Marte



La llegada del Spirit a Marte se transforma en un problema complejo que invita a interpretar variables físicas, concede importancia didáctica al conocimiento del alumnado pero también a la decisión del docente, y construye unos marcos simbólicos que se retroalimentan entre sí. Es una experiencia práctica del planteamiento formulado desde la teoría en el artículo anterior.

En enero del 2004 los medios de comunicación se hicieron eco de la llegada del *Spirit* a Marte. Este acontecimiento tuvo una clara influencia sobre nuestra escuela. ¿Por qué y cómo? Intentaremos explicarlo narrando lo ocurrido en el aula de cuarto de Primaria en relación con la comprensión de fenómenos físicos de relevancia y con la resolución de problemas complejos usando para ello las matemáticas. No se puede entender lo que pasó si no tenemos en cuenta algunas características del contrato didáctico que los maestros hemos procurado construir en nuestra escuela.



SARA GONZÁLEZ

La responsabilidad de la maestra y la del alumnado

La maestra ve la noticia en el periódico y la lleva a clase; la escoge porque le interesa crear en su aula un marco simbólico para la actividad matemática que tenga el sentido de búsqueda de información y de interpretación de significados; de explicación y de reorganización de nuevos comportamientos; de uso de criterios de validación que estén fundamentados en el control, por parte de todos, de la coherencia con la que se piensa y se actúa, y en las prácticas de comunidades externas al aula.

Y ve en la noticia el potencial de crear situaciones didácticas en las que el alumnado pueda formular conjeturas y validarlas generando procesos didácticos de interés: le permite subrayar el hecho cultural de las matemáticas ligándolas a la experiencia, los saberes y las prácticas de las personas; le abre la posibilidad de enfrentar a sus estudiantes a la resolución de un problema complejo planificando la trayectoria del cohete; le permite vincular el aprendizaje de las matemáticas a la experiencia de interpretar información real para elaborar conocimientos controlando con sentido el lenguaje y la acción durante el proceso.

Algunos alumnos y alumnas ven la noticia y también la traen a clase porque les parece importante para el proyecto colectivo que están trabajando en su aula: el estudio del universo.

La maestra, en sus años de convivencia con los alumnos, ha procurado que crecieran en ellos algunas expectativas sobre la actividad colectiva del aula que van a ser claves para entender lo que pasó. Saben que la maestra (y sus compañeros) espera de cada uno de ellos que se comprometan con el proyecto colectivo del aula y que perseveren en la resolu-

ción de problemas complejos. Saben que van a tener que crear, para ello, diferentes estrategias, analizarlas y compararlas. Saben que se espera que actúen con esfuerzo y que se sientan responsables de sus interpretaciones, de sus acciones y de cómo dan indicaciones a los demás para que comprendan lo que ellos piensan. Saben, en fin, que se espera que tengan en cuenta el comportamiento matemático de los demás y que estén dispuestos a interpretarlo y a reorganizar el suyo.

¿Qué pasa en la práctica en el proceso de resolución un problema complejo?

La noticia no informa sobre el recorrido efectuado por el cohete. Y es precisamente lo que la maestra selecciona para generar el proceso didáctico que desea. Invita a los alumnos a que reflexionen sobre ello y les propone planificar un nuevo viaje. Ellos perciben la analogía existente entre la actividad de los científicos de la NASA y la que ellos van a desarrollar. Igual que la NASA, van a tener que utilizar información real, interpretarla y actuar en consecuencia para planificar el movimiento del cohete en su viaje desde la

Tierra hasta Marte. Para hacerlo van a necesitar comprender varias cosas: las posiciones cambiantes de estos dos planetas, el desplazamiento del cohete y la manera en la que influye el movimiento de los planetas en el del cohete. Veremos cómo llegan a ser conscientes de este problema, los sistemas que usan para representar esta información y cómo se utilizaron en esta clase para resolverlo.

¿Dónde están Marte y la Tierra exactamente hoy?

Una gestión de la maestra tiene como resultado una dirección de Internet (www.lightandmatter.com/area2planetes.html) que será el punto de partida de su investigación. En la página consiguen las posiciones visuales de los planetas en cada uno de los meses del año. Recogen los datos y los van plasmando sobre el papel, representando las posiciones de manera aproximada unos, con más precisión otros, dividiendo en 12 partes la circunferencia que representa el movimiento de la Tierra y en 24 la de Marte.

Explican, también, las estrategias y recursos que han utilizado: algunos grupos marcan las posiciones a ojo, aproximadamente a las mismas distancias unas de las otras. Otros grupos se valen de algún sistema para controlar la precisión; unos estimando un tamaño para la cuerda con la se podría dividir la circunferencia regulando hasta conseguir, en el caso de la Tierra, 12 partes más o menos iguales, y otros utilizando el transportador para controlar la partición, usando intuitivamente ideas sobre la amplitud y sobre la relación entre la medida de ángulos y arcos. Marcan primero las 12 posiciones de Marte que corresponden a la mitad de su órbita y, después, las otras 12.

En estos momentos se empiezan a explicitar en el aula las primeras intuiciones sobre lo que supone controlar una posi-

ción en un movimiento circular, diferenciando las que han usado algunas criaturas con el transportador de las que sustentan el uso de la regla.

El tiempo que necesita el cohete para cubrir la distancia más corta

Pero a la vez que controlan los desplazamientos de los planetas en el tiempo, piensan que es necesario controlar el tiempo que tarda el cohete en llegar y calculan lo que tardaría en recorrer la distancia entre ambos planetas. Lo hacen manejando los datos de que disponen: la velocidad de salida del cohete, 40.000 km/h, y la diferencia entre las distancias de cada planeta al Sol (que correspondería a la distancia más corta entre ambos planetas).

Según los cálculos efectuados, el cohete necesitaría 81 días para recorrer dicha distancia. Utilizan las imágenes que han diseñado antes para marcar en ellas el movimiento del cohete; empiezan dibujando la trayectoria desde la posición que ocupa la Tierra en el mes de septiembre hasta la posición que ocupa Marte el mismo mes. Al dibujarlo se dan cuenta de que cuando llegue el cohete a Marte ya no puede ser septiembre, y por lo tanto... ¡Marte ya no estará ahí! Cambian el rumbo que imaginan para la trayectoria del cohete dirigiéndola a la posición de Marte tres meses después, en diciembre...

Esta primera parte de la resolución del problema les ha servido realmente para obtener información, para empezar a interpretarla y para comprender la naturaleza de la verdadera dificultad a la que se enfrentan, que se refiere al control de variables físicas: cómo coordinar los movimientos de los planetas y del cohete.

Enseguida se producen las primeras conjeturas sobre cómo realizar este control, que tienen muy poco de control real y mucho de suposiciones con poco fundamento.

Imagen 1



¿Cómo coordinar el cohete y los planetas? Construimos un panel para operar con los desplazamientos

Para poder manejar todas estas conjeturas se les ofrece la posibilidad de construir un modelo físico que les permita operar con los movimientos del cohete y de los planetas; así pueden comprobar si realmente el "encuentro" se da, a la vez que ofrece la posibilidad de que los demás puedan visualizar los momentos del recorrido que cada grupo ha pensado, controlando la variable tiempo y las dos velocidades. Así que un día, sobre los cartones que ha preparado la maestra, planifican y trazan de nuevo las órbitas de la Tierra y de Marte teniendo en cuenta la proporción entre las distancias, y vuelven a definir en ellas las ubicaciones que les corresponden según los meses del año 2005. Los planetas son dos bolas que pueden mover, y el cohete una cartulina con dicha forma. Se trata de que vayan moviéndolos en los tramos de tiempo que han previsto. "En octubre Marte estará... y el cohete..." (véase imagen 1).

Al ser un panel grande en el que las distancias cobran otra dimensión, se hace necesario definir una escala visual del movimiento del cohete. La maestra dialoga con ellos en grupo para que imaginen la escala visual y les orienta cuando recurren a los cálculos anteriores, y reflejan en una imagen la distancia que recorre el cohete en tres meses. Los alumnos y alumnas utilizarán esta escala, colocada en su panel, para medir el tiempo del viaje del cohete en cada una de las conjeturas que irán haciendo.

En los cálculos anteriores ven que Marte se mueve durante los tres meses que el cohete tarda en llegar hasta él. Cuando el panel está listo colocan un hilo que representa el viaje del cohete desde la posición de la Tierra en el mes de septiembre hasta la de Marte en el mes de octubre. La escala visual les sirve para medir el tiempo que tardará el cohete en hacer

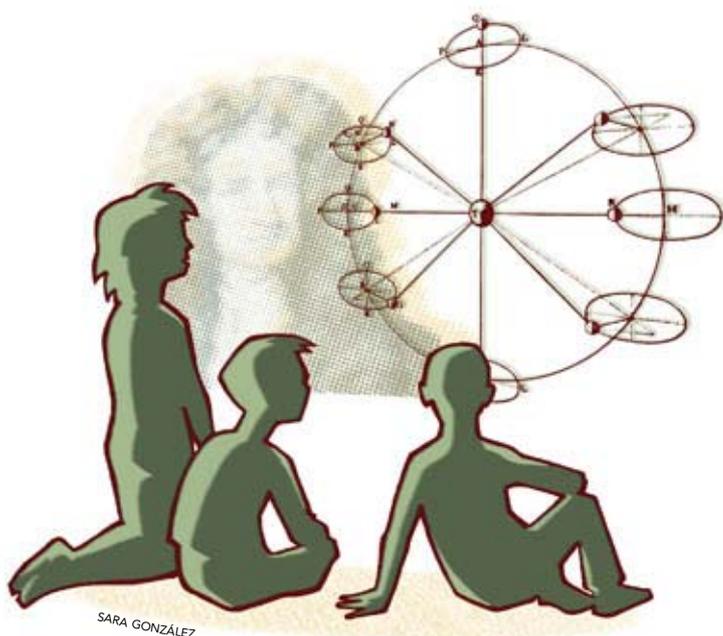
ese recorrido y se encuentran con otra sorpresa: si dirigen el cohete hacia el punto en que estará Marte a los tres meses, tardará ocho meses y, claro, en ese tiempo Marte ya no estará allí, estará más lejos. Esta vez el modelo les permite operar directamente con los planetas y el cohete, comprobando las consecuencias que el tiempo tiene en los movimientos, facilitando que puedan representar y validar sus conjeturas comunicándose entre ellos.

El alumnado responde de diferente manera ante este problema y la maestra aprovecha esta diversidad para crear situaciones de comunicación que tengan un sentido de progreso en la resolución colectiva del problema.

Unos piensan que bastará con que el cohete salga de tal manera que llegue a un punto de la órbita de Marte antes que éste y que pare su movimiento para esperarlo. Otros piensan que el tiem-

po para los dos tiene que ser el mismo y actúan estimando una duración y comprobando los desplazamientos que les corresponden. Algunos no encuentran la manera de hacer coincidir los dos movimientos; otros, tanteando con hilos y con la escala visual, consiguen que el cohete y Marte coincidan a los trece meses.

Finalmente, otros proponen una manera diferente de solucionar el problema: modifican la fecha de salida del cohete, tienen en cuenta que tarda tres meses en recorrer la distancia más corta y buscan el momento en que la diferencia entre las posiciones de los planetas sea precisamente de tres meses.



¿Cuál es el recorrido real?

El interés en este momento consiste en que los alumnos y alumnas puedan contrastar con la realidad los resultados de sus esfuerzos. La maestra vuelve a Internet y encuentra representaciones sobre la trayectoria del *Spirit*. Presenta su descubrimiento: "¡Mirad lo que he encontrado!". La emoción aparece en el aula y provoca el desarrollo de otra pequeña historia. Su reflexión sobre lo que tienen de igual y de diferente su representación y la que ha encontrado la maestra en Internet les lleva a interpretar, a comparar y a deducir. Surgen nuevas cuestiones –¿por qué es curvo el recorrido del cohete?, ¿cuál es en kilómetros la distancia que recorre?, ¿en qué tiempo lo hace?, ¿a qué velocidad?–, que suponen nuevos esfuerzos para calcular y nuevas preguntas, que inmersos en su compromiso asumen con emoción y responsabilidad. En este contexto la maestra les presenta a un experto que les va contando que también las personas que se dedican a la ciencia se plantean las mismas preguntas, y cómo van resolviendo los problemas y cómo también tienen en cuenta la infor-

mación que ellos conocen: el efecto honda que la Tierra provoca en el cohete; que su velocidad es de 108.000 Km/h; Marte lleva una velocidad inferior (86.000 km/h) porque orbita más lejos del Sol; la atracción del Sol influye en el espacio tanto en los planetas como en el cohete, de ahí su trayectoria curva... También les habla de Kepler y Newton y, por lo tanto, de la historia de aquellas personas que se preguntaron, como ellos, y de los descubrimientos que hicieron y de cómo los utilizan ahora los científicos para pensar.

Consecuencias del proceso didáctico

El proceso didáctico seguido ha provocado un profundo cambio en la experiencia del espacio del alumnado: han transgredido su experiencia cotidiana de moverse en un espacio fijo para mover el cohete en un entorno que tiene una naturaleza dinámica. Y lo han hecho descubriendo la progresión que existe en la historia de nuestra cultura y vinculándose a ella.

Esta experiencia no hubiera sido posible sin los conocimientos matemáticos: el análisis del movimiento, con el estudio del movimiento circular de la Tierra y de Marte y del movimiento lineal del cohete; la determinación de las posiciones relativas a tiempos concretos; el control de las relaciones espaciales entre dos posiciones concretas, así como de las representaciones utilizadas para comunicar el conocimiento propio e interpretar el de los demás cuando actúan con las relaciones entre el cohete y los planetas.

Tampoco hubiera sido posible sin interacciones cuyo propósito fuera la resolución de problemas complejos y que requieren de planificación, de comunicación del propio pensamiento y comprensión del pensamiento de otros, del esfuerzo de perseverar en la superación de las dificultades buscando estrategias apropiadas. Tampoco hubiera sido posible sin utilizar como formas de representación modelos físicos que les permitieran operar con las variables del fenómeno que intentaban comprender. Tampoco hubiera sido posible sin la planificación de la maestra, sin la presencia de conocimientos externos al aula, representados por los saberes del experto, las explicaciones de la maestra y la información obtenida en Internet. Y sin la presencia activa de sus conocimientos y sus lenguajes propios manifestándose en su diversidad.

Sin embargo, hay algo más. Estos procesos operan, también, "con y en la cultura del aula", desarrollando, enriqueciendo y ampliando el mismo marco simbólico que los ha hecho posibles. Retroalimentando la comprensión de la realidad, la comunicación de conocimientos matemáticos y la cultura de las clases.

No se trata de relacionar tan sólo los conocimientos matemáticos con problemas reales, sino de conseguir que los procesos didácticos promuevan la responsabilidad sobre el propio comportamiento, tanto de los alumnos como de la maestra, y la apertura al exterior de las dinámicas del aula. Este marco de apertura y de responsabilidad asumida, en donde las personas usan información y controlan su avance, regulando sus propósitos para solucionar problemas reales que les interesan y comunicando conocimientos matemáticos realmente fundamentales en procesos sociomatemáticos de valor, tiene la capacidad de generar en las aulas fenómenos educativos de una gran relevancia curricular.