



Las cosas no caen por su propio peso

Apuntes para pensar la enseñanza de la fuerza de gravedad

Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales, Revista **QUEHACER EDUCATIVO**

Agustín Adúriz-Bravo | GeHyD-Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales, CeFIEC-Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

Nélida Antúnez | **Mariángeles Bugani** | **Cecilia Cicerchia** | **Ángela Escobar** | **Ana Laura García** | **Juan Pablo García** | **Cecilia Gesuele** | **Claudia González** | **Cinkia Hernández** | **Sylvia Ithurralde** | **Pablo Menéndez** | **Patricia Perazza** | **Cecilia Torres** | Maestros.

Este artículo es diferente, porque en él compartiremos algunos aspectos de nuestro funcionamiento interno. Todo comenzó cuando fue necesario seleccionar cuatro contenidos programáticos que conformasen una posible secuencia institucional en la enseñanza de la Mecánica. *La fuerza de gravedad* nos parecía clave, pero el alumnado con el que habíamos trabajado fuerzas a distancia, como campo conocido sobre el cual construir una analogía para comprender fuerza gravitatoria, recién comenzaba tercer grado. Decidimos buscar otro recorrido y es el que les presentamos en sus líneas fundamentales.

Los contenidos programáticos, el contenido disciplinar

Este concepto que parece ser uno de los más sencillos a trabajar desde la Física escolar, y de hecho es uno de los que más aparece en propuestas específicas de enseñanza, encierra cuestiones que marcan una enorme complejidad, muy lejos del sentido común que lo limita y simplifica a “la fuerza que atrae a los cuerpos hacia la superficie de la Tierra”. Por ello, si pretendíamos enseñarlo con todas las implicancias

que encierra, debíamos tener bien claro qué es y cuáles son las ideas clave para su comprensión. Un camino era conocer la historia del concepto.

«El concepto de gravedad ha evolucionado desde lo más concreto relacionado con la experiencia sensorial inmediata (la caída de los graves), hasta una concepción muy abstracta (deformación del espacio-tiempo) que no tiene ningún tipo de relación directa con la experiencia humana sensorial concreta» (Camino, 2006:78). Desde la gravedad como la búsqueda del lugar natural (Aristóteles), a una causa externa (Galileo), para luego pensarse como una fuerza a distancia (Newton), pasando por la noción de campo (Faraday), llega a ser considerada como una modificación del espacio-tiempo (Einstein).

Por estar pensando la enseñanza de la Mecánica clásica tal como lo indica el programa escolar, acotamos el concepto a la concepción de Newton: “la masa es la única causa de la gravedad”. Esto significa que todos los objetos que tienen masa ejercen una atracción gravitatoria sobre cualquier otro; esa fuerza a distancia está en relación con su masa. La Tierra ejerce una fuerza de

atracción hacia su centro sobre todos los cuerpos dentro de su campo gravitatorio, así como esos objetos la ejercen sobre el planeta. Pero dada la diferencia de masas, no percibimos la atracción que ejercemos sobre el planeta y sí la que este ejerce sobre nosotros; la percibimos en la sensación de peso. Esa fuerza de atracción modifica el movimiento del objeto sobre el que actúa: lo inicia, lo detiene, cambia su sentido, dirección y rapidez. Así, a los humanos, la fuerza gravitatoria terrestre nos mantiene sobre su superficie y nos hace girar junto con ella. Si toda masa es causa de la gravedad, esta se manifiesta no solo en el ámbito terrestre, sino en todo el Universo.

Con este marco teórico buscamos los contenidos programáticos implicados, regresábamos al principio de nuestro trabajo (cf. Adúriz-Bravo *et al.*, 2014), los contenidos de cuatro y cinco años, y de primer grado resultan claves. Sin embargo, no son suficientes si consideramos la complejidad que encierra “fuerza de gravedad” aun en la concepción de Newton. Es necesario el aporte del concepto de materia desde Química—ya que en la escuela consideraremos la *masa* como *cantidad de materia*—, y de los contenidos referidos al Sistema Solar desde Astronomía.

El decir de los niños

Por ser la caída de los cuerpos algo cotidiano, y sentir el peso de los objetos algo natural, nos interesó conocer qué tan invisibles e incuestionables eran estos fenómenos, qué causa les atribuían si es que lo hacían. Además, dada la enorme influencia que tienen los medios de comunicación, en especial los dibujos animados y las películas del espacio en las que aparecen referencias a la gravedad, quisimos conocer qué conceptualización sobre la fuerza de gravedad tenían los niños.

Las palabras utilizadas y su análisis suelen ser importantes para comprender ciertas dificultades que surgen al enseñar ciencias, “gravedad” no es una excepción. Hasta los siglos XIV y XV, los cuerpos graves eran los pesados, la noción de grave se relacionaba con el ser pesado, estar en una situación pesada; este sentido se mantiene hoy cuando hablamos de una enfermedad o de una situación grave.

En los dibujos de algunos niños y sus explicaciones acerca de lo que entendían por fuerza de gravedad lo encontramos claramente.



El pensar tras su decir

No se trataba simplemente de describir ciertas formas de decir que tenían los niños, debíamos ir tras los pasos de ese pensar, intentar indagar qué ideas se escondían detrás de sus palabras. Para ello se presentaron diferentes propuestas.

En **cinco años** se les plantearon dos situaciones, soltar una pelota y lanzarla hacia arriba. En ambas se les preguntó previamente qué iba a pasar con la pelota. Sin dudar, todos dijeron que iba a caer al piso. Al caer y ante la pregunta de por qué lo hace, diferenciaron las razones.





Se trata de situaciones que viven a diario, la única explicación es el “error humano”. No se plantean otra posibilidad.

En **primer grado**, la situación fue similar; no así sus respuestas.

Maestra: –¿Por qué cae la pelota? (Se deja caer una pelota de papel).

Alex: –Porque no tiene alas.

Sebastián: –Porque está en el aire.

Santiago: –Porque no hay nada que la agarre.

Matías: –Porque nadie la sostiene.

Tiago: –Porque es pesada, el viento no puede con ella porque es pesada.

Lucas: –Cae porque el viento no está para arriba, si estuviera para arriba, la pelota quedaba arriba.

Débora: –Porque no hay viento.

Camila: –Si no hay viento, cae.

Maestra: –¿Y si hay viento qué sucede?

Alejandro: –Cae igual.

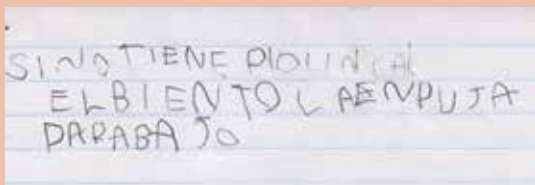
Catalina: –Cae cuando no hay viento, cuando el viento para, cae.

Maestra: –¿Por qué?

A Matías se le ocurre: –Prendé el ventilador (ventilador de techo).

Alejandro: –¿Viste?, igual cae.

Santiago: –El viento empuja para abajo.



Aparecen dos causas a destacar: el viento como empuje en dos direcciones –¿esbozo de existencia de una fuerza?–; el peso del objeto.

En un **tercer grado**, la maestra dejó caer un cuaderno y preguntó por qué cayó.

Alfonso: –Por la ley de la gravedad.

Maestra: –¿Qué es eso, a ver?

Alfonso: –La Tierra es como un imán que nos atrae, es como si yo fuera un metal y la Tierra tiene un imán que me atrapa.

Shubert: –Cierto, la Tierra tiene un imán que nos atrae a todos.

Maestra: –¿Cómo saben eso?

Alfonso: –Yo miré en la tele, en los dibujitos.

Sofía: –El cuaderno pesa mucho, por eso se cae, el aire lo va moviendo.

Ignacio: –Cuando va cayendo, el aire no lo puede sujetar.

Se reiteran algunas causas, el peso y el aire como sostén. Surge la información distorsionada. Una analogía mal planteada o no comprendida, los lleva a afirmar que la Tierra tiene un imán que nos sostiene.

En una **escuela rural**, la maestra les plantea: ¿Por qué no se cae la Luna?

–Porque no se mueve. (Cinco años)

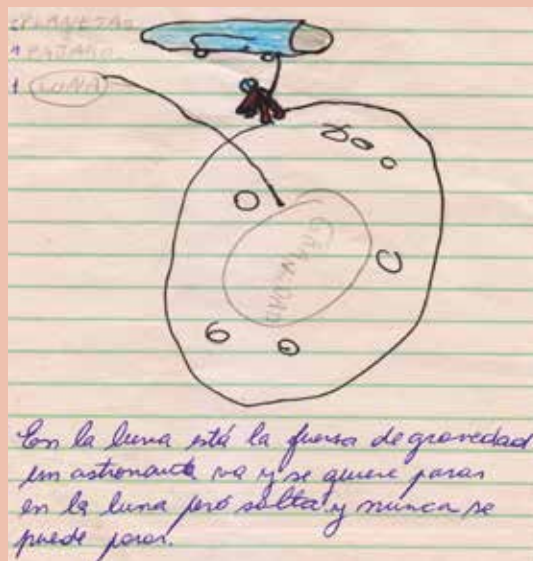
–Está sostenida por las estrellas y los planetas. (Cinco años)

–La Luna se cae cuando aparece el Sol. (Primer grado)

–Porque flota. (Primer grado)

–La atmósfera la sostiene. (Quinto grado)

–La sostiene la fuerza de gravedad. (Sexto grado)



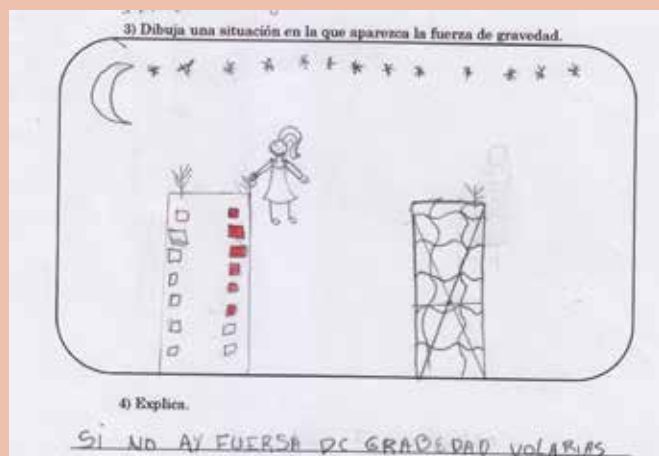
Con la luna está la fuerza de gravedad. Un astronauta no se quiere parar en la luna pero saltar y nunca se puede parar.

Nuevamente la necesidad de sostener para evitar la caída.

En otros grupos de **tercer y cuarto grado** se les pidió que dibujasen una situación en la que se manifestara la fuerza de la gravedad; luego, que explicasen por escrito por qué habían elegido esa situación. Cuando en el equipo analizamos los dibujos y los escritos elaboramos algunas **categorías de análisis**:

► Ubicación de las situaciones

Predominan las representaciones en la Tierra junto a las de la Luna, aunque también aparecen situaciones en el Sistema Solar y referencias al Universo.



"Hay una gravedad en el espacio a 300 millones de años de acá por lo menos"



► Agente de la fuerza de gravedad

Cuando analizamos quién o qué ejerce la fuerza encontramos que en las situaciones dibujadas se le atribuye a un solo elemento, la Tierra, la Luna o el espacio; son estos los que “tienen” o no la fuerza.

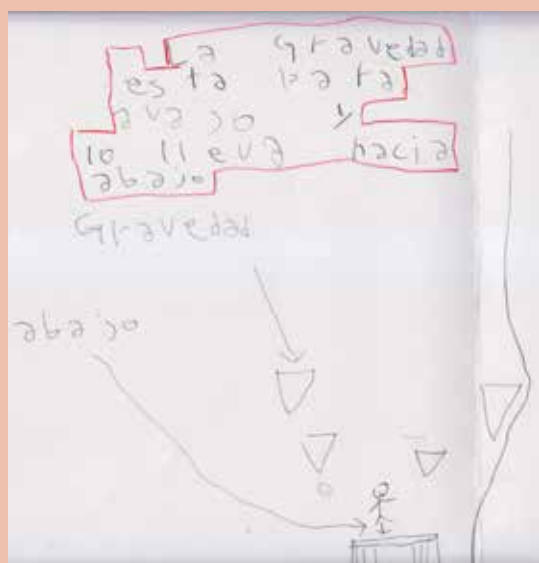
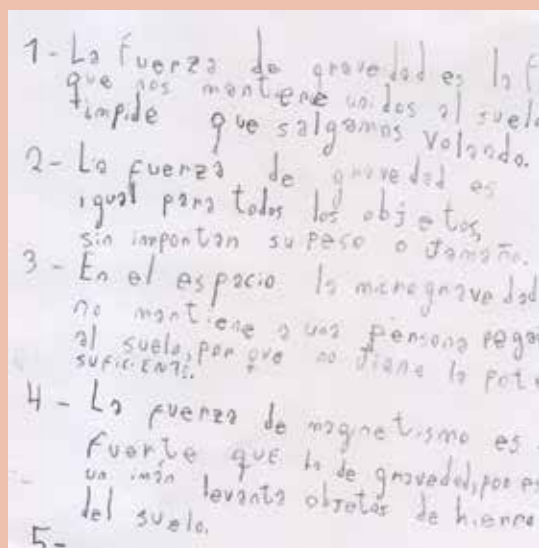
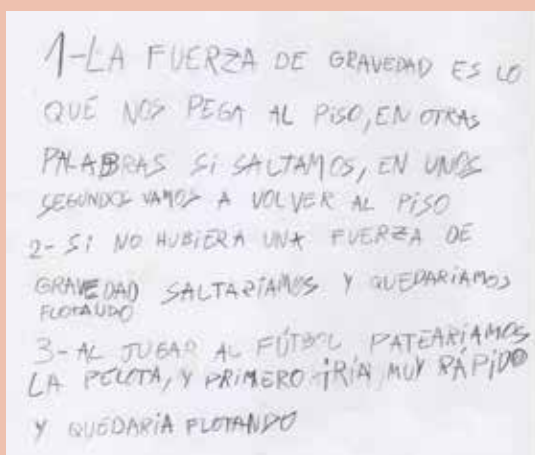
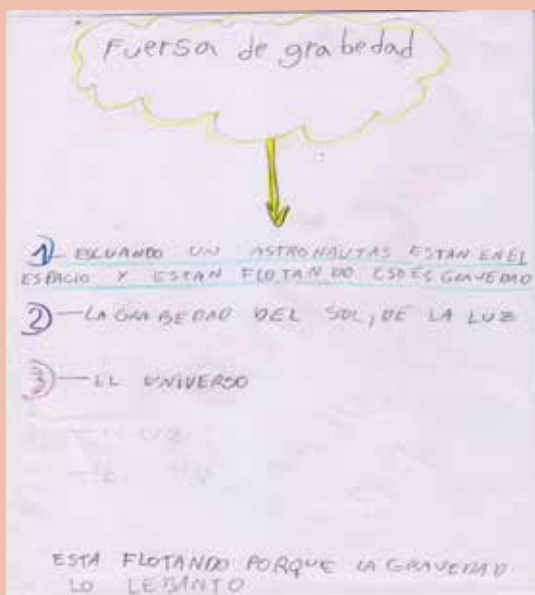


► Efectos que ocasiona

En la Tierra, los efectos sobre los seres humanos son unánimes: mantiene, empuja sobre la superficie. Al indicar la dirección de la fuerza parece que es ejercida por el aire. Un niño compara la fuerza magnética con la de la gravedad, y la considera más potente porque puede levantar un hierro del piso, vence a la gravedad.

En el espacio, si bien todos coinciden en que se “flota”, algunos lo atribuyen a la gravedad y otros a la falta o a una gravedad menor, menos potente. Lo interesante es que aparecen algunos otros efectos como hacer girar el planeta Tierra y los meteoritos.





Qué podemos leer en su decir y su pensar

El material recogido en tercer y cuarto grado, en escuelas de distintas categorías y en diferentes departamentos, nos permitió encontrar algunas características comunes al concepto “fuerza de gravedad”, elaborado previo a su enseñanza:

- la consideran como una fuerza que actúa a distancia;
- no la perciben como una interacción, la aplica un solo objeto que es el que la posee;
- estos “objetos” son únicamente la Tierra, la Luna o el espacio; en unos pocos, el aire, “si no hay aire no hay gravedad”, “el aire nos mantiene sobre la Tierra”;
- coinciden en los efectos que genera en la Tierra;

- hay creencias divididas sobre la existencia de la fuerza de gravedad en la Luna o en el espacio exterior;
- el mismo efecto “flotar” lo atribuyen algunos a la falta de gravedad, y otros, a su presencia que hace levantar a los astronautas;
- no consideran la cantidad de masa ni la distancia entre los cuerpos.

Nos interesó conocer en qué medida estas ideas habían evolucionado, por eso decidimos recoger las ideas presentes en alumnos de sexto grado.

Qué podemos leer en su decir luego del aprender

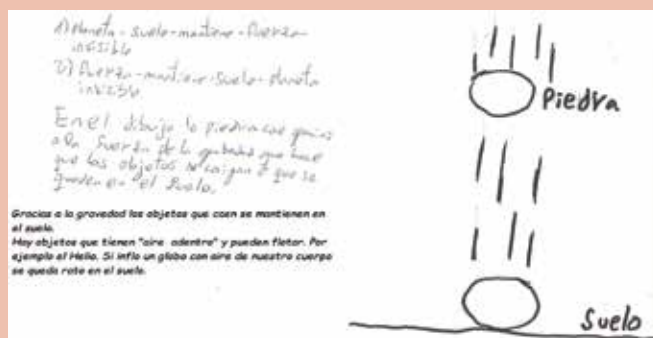
El análisis del material obtenido con la misma propuesta que en tercer y cuarto grado, lo categorizamos así:

- Obstáculos y/o dificultades que se mantienen:
 - Situación “grave”

La gravedad es lo que provoca que las cosas sean graves.



- Ideas aristotélicas



- La gravedad de un objeto



- Las dos posiciones con respecto a la existencia o no de gravedad en el espacio y sus dos efectos: sostener y hacer flotar.





En el espacio hay gravedad
sino las planetas no se sostuvieran

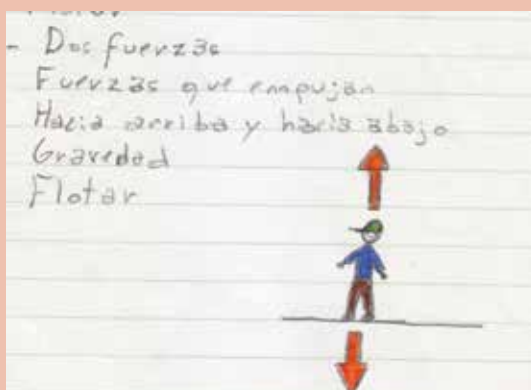


- Dice Florencia que ha visto películas del Espacio y por eso afirma que en el espacio hay gravedad.
- La gravedad provoca que floteamos

► Aparece el estereotipo:



- Ideas que indican avances:
 - Algunas reflexiones sobre “fuerza”



Identifica las dos fuerzas actuantes, aunque ubica equivocadamente los vectores.

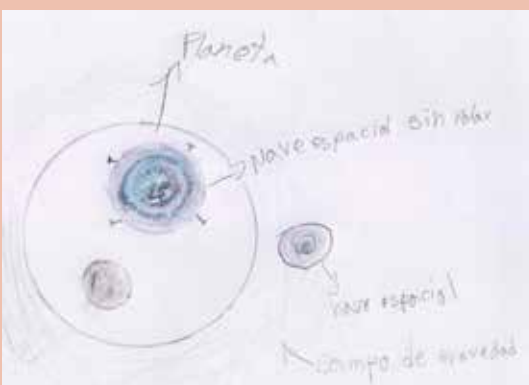


La situación representa la gravedad porque hay fuerza (¿peso?), altura (no es pertinente para la fuerza de gravedad en la Tierra) y caída (efecto).

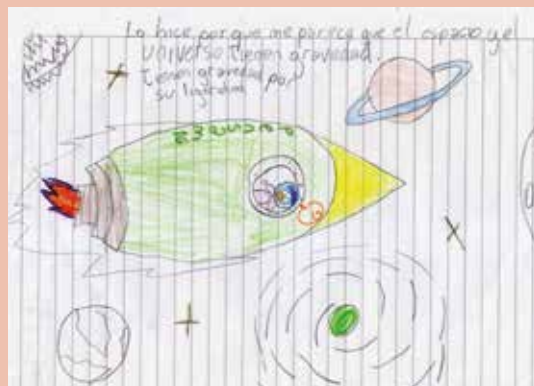
- La gravedad es proporcional a las masas



- Esbozo de idea sobre *campo gravitatorio*



- Distintos grados de gravedad



La fuerza de gravedad actúa a diferentes distancias.

Si bien reconocen distintos aspectos de forma aislada, parecen estar lejos aún de una comprensión real del concepto. Estas ideas no deben ser vistas como obstáculos para la enseñanza; en todas ellas hay una cierta aproximación a lo que la ciencia dice o ha dicho al respecto. Respuestas tales como “es grave porque estuvo enfermo”, “la gravedad es algo que existe en el espacio”, que a simple vista parecen ser disparatadas, tienen muchas veces un anclaje en las formas en que se conceptualiza ese fenómeno y pueden ser diferentes puertas de entrada para el abordaje del tema en distintas clases.

Intercambio de ideas para el aula

Al comenzar a reflexionar sobre algunos lineamientos para la enseñanza de la *fuerza de gravedad*, con toda la complejidad implícita en los contenidos de cuarto y quinto grado, reiteramos la importancia del concepto *fuerza* y su vínculo con los *cambios en el movimiento* (cf. Antúñez, Bugani y Hernández, 2015), que necesariamente deben ser abordados a lo largo de la escolaridad con diferentes grados de profundización. Trabajarlos desde el Nivel Inicial permitirá a los niños elaborar modelos cada vez más complejos, para explicar situaciones cotidianas en las que se pone de manifiesto la fuerza de gravedad no solo en la Tierra, sino en un mayor grado de dificultad, en el espacio extraterrestre, por ejemplo, al permitir que los planetas permanezcan alineados o un satélite se mantenga en órbita.

Los docentes sabemos que hay cuestiones del fenómeno que son muy difíciles de comprender por parte de los niños. Enseñar Ciencias supone tomar ciertas decisiones didácticas en relación a cuáles son los aspectos que se pretenden enseñar, y cuál o cuáles quedarán para posibles futuras intervenciones en grados más avanzados de la escolaridad. No es una actividad acabada, se trata de que las ideas que tienen los niños sobre un tema se acerquen cada vez más a lo que la ciencia dice sobre él. Por ejemplo, comprender los distintos grados de gravedad requiere de una abstracción y de un nivel de comprensión tan profundo que seguramente no deba ser abordado en la escuela.

Maestro: *—Claramente aparecen dos líneas de trabajo posibles. La gravedad en la Tierra y en el espacio.*

Maestra: *—¿La primera en cuarto grado y la segunda en quinto? Eso parecería indicar el programa.*

Maestra: *—No sé, quizás no necesariamente. ¿Cuántos niños de tercer y cuarto grado dibujan y explican la gravedad en el espacio?*

Maestra: *—Casi la mitad.*

Maestra: *—Creo que habría que plantear los dos escenarios en cuarto, aunque luego en quinto profundicen en la gravedad espacial dejando abierta la posibilidad de comenzar a comprender la ley de gravitación universal.*

Maestra: *—Estoy de acuerdo contigo. Los niños saben que en la Luna “se pesa menos”, me parece que puede ayudar a la comprensión.*

Maestro: *—En cuarto yo comenzaría por la línea terrestre y trabajaría solamente esa.*

Maestra: *—No, en Astronomía está “La Luna como satélite de la Tierra”. Naturalmente se puede plantear y seguramente lo relacionen los mismos niños. Es un conocimiento que circula socialmente.*

Fragmento del intercambio del equipo

Cuando analizamos los contenidos de cada grado y su posible recorrido, nos dimos cuenta de que tanto en cuarto como en quinto debían abordarse las dos líneas de trabajo. Iniciar por una u otra sería decisión del docente sobre la base de los conocimientos e intereses del alumnado o del desarrollo curricular que se proponga.

GRAVEDAD	EN LA TIERRA	EN EL ESPACIO
Cuarto grado	Fuerza como interacción. Percepción del efecto que la Tierra causa en todos los objetos –masas– que están en y sobre el planeta. Invisibilidad de la interacción. La medición de las fuerzas. El peso.	El peso depende de la masa que aplica la fuerza; el peso en la Tierra y en la Luna.
Quinto grado	Galileo. El tiempo de caída es independiente de la masa del objeto. En la caída, el objeto sufre una aceleración.	Newton. Interacción entre los astros del Sistema Solar. Percepción de sus efectos, p. e. mareas, “descubrimiento” de nuevos astros. Interacción inversamente proporcional a la distancia que los separa.

Análisis y distribución tentativa de conocimientos disciplinares

Maestro: –Bueno, lluvia de ideas primero y luego ordenamos.

Maestra: –Dale. Se tendría que empezar por peso. Es el único efecto de la gravedad que se siente, por ejemplo, cuando saltamos o cuando levantamos algo.

Maestra: –Y es claramente una idea que se manifiesta en todos los registros que tenemos, que son más de doscientos.

Maestro: –Me parece que no hay otra opción. Los tenemos que hacer pensar sobre esa percepción del peso.

Maestra: –Tienen que dejar de pensar en el peso como algo del objeto, para pensarlo como una fuerza de atracción que aplica la Tierra.

Maestra: –Pequeño cambio. O sea que volvemos a lo de siempre, ¡fuerzas y más fuerzas!

Maestra: –Se podrían recuperar aquellas actividades que planificamos para el efecto “mantener la estructura”, allí están las fuerzas peso y sostén.

Maestra: –Y aparece la dirección de la fuerza.



fuerza para
que el baul no se
caiga



La silla tiene
que hacer

Maestra: –Sí, pero en esas actividades el peso estaba claramente centrado en el objeto. Me parece que para hacer el cambio tenemos que centrarnos en que al caer se inicia un movimiento y eso pasa porque hay una fuerza actuando a distancia.

Maestro: –Esperen, hay un texto de un niño de cuarto grado que dice algo sobre la fuerza que hay que hacer para levantar algo del piso, creo que se refiere a un imán, pero la idea puede aplicarse.

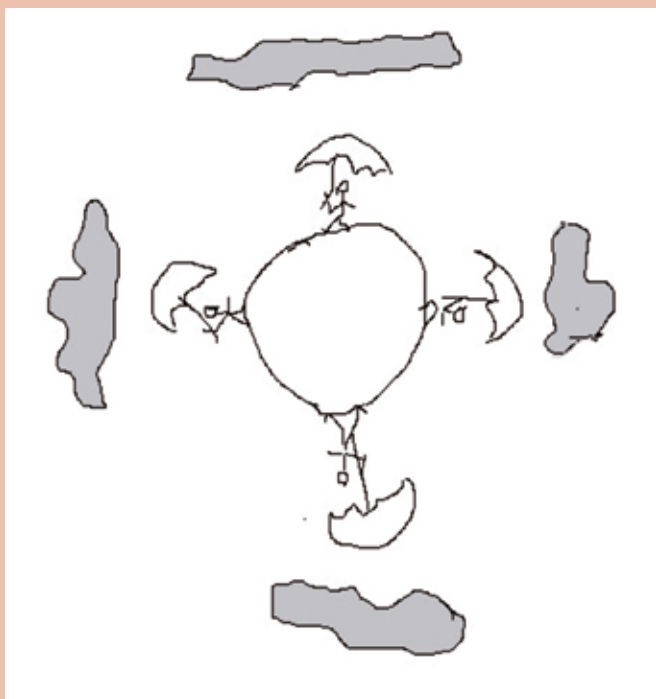
Maestra: –Insisto con lo de la dirección de la fuerza porque allí tenemos otro problema, el “abajo” en la Tierra.

Maestro: –Creo que en uno de los NAP leí una actividad bien interesante. Un dibujo de la Tierra con algunas nubes para que marquen la lluvia en esos lugares.

Maestra: –Alguno te va a preguntar por qué no se caen las nubes.

Maestro: –Esperá, las “aparentes excepciones” las dejamos para después porque en ese caso interviene la densidad, el empuje del aire y supongo que algo más. Creo que en el trabajo con los niños, si van apareciendo esos chispazos tendríamos que ir armando una lista de preguntas para “investigar” después. Ojalá aparezcan, señal de que están pensando.

Maestra: –Hay que buscar esa actividad porque permite “ver” que el abajo es en realidad el centro de la Tierra.



Maestra: –Tú dijiste al pasar densidad, es que nos estamos olvidando de la masa.

Maestro: –Sinteticemos para ver si la necesitamos ahora. Peso como nombre de la fuerza que hace caer, que inicia el movimiento, cuando no hay una fuerza contraria que sostiene; esa fuerza atrae el objeto hacia la Tierra; la aplica la Tierra; es hacia abajo; el abajo es el centro de la Tierra. Por ahora parece que no.

Maestra: –Nos estaría faltando que esa fuerza está siempre presente aunque tiremos algo hacia arriba o cuando algo está en reposo en una mesa o estante; que se puede medir; con qué instrumento y con qué unidad de medida.

Maestra: –Y allí otro efecto de las fuerzas, la deformación elástica.

Maestra: –Además, en algún momento tenemos que darle nombre, si quieren al principio fuerza peso pero quizás sea mejor desde el inicio fuerza gravitatoria, ya vimos que “de gravedad” trae problemas.

Maestro: –Si les explican que gravedad proviene de caída de los graves, establecen un vínculo con la historia que va a favorecer.

Maestra: –Vuelvo con la masa. Tal como estamos delineando el tema, la masa la necesitamos al final para poder pensar por qué nuestro peso en la Luna es menor. Si fueron a Ciencia Viva o a Expo Ciencia saben que es así, no saben por qué.

Maestro: –El modelo que vayan armando sobre la fuerza de gravedad terrestre lo deberían “probar” en la Luna.

Maestra: –Sí, quizás podríamos usar una lámina o uno de los tantos videos de alunizajes, de caminatas de astronautas o de autos sobre la Luna. Dejámelo pensar... Sí funciona y permite descartar la dualidad de si hay o no gravedad y el efecto de flotar, están sobre la superficie, mantenidos en ella. Para el menor peso que ya saben, la única opción es que... ¿como es más chica hace menos fuerza? Me recuerda al “esfuerzo”.

Maestra: –La masa también puede entrar para tratar de comprender los pesos diferentes de objetos en la Tierra.

Maestra: –¿Cómo?

Maestra: –Sí, si el peso es la fuerza con que atrae la Tierra, ¿por qué yo peso más que tú? Porque tengo más masa y la Tierra tiene que “hacer” más fuerza para mantenerme en el suelo.

Fragmento del intercambio del equipo

En jornadas posteriores nos centramos en los avances que se podían plantear en quinto grado. En relación a la gravedad terrestre teníamos que considerar los aportes de Galileo sobre los tiempos de caída y la aceleración. Seleccionamos la actividad propuesta en “Un ejemplo de lectura compartida en física” (Dibarboure, 2014:51-54).

Continuar esa línea de trabajo nos pareció muy valioso. Llevar al aula los problemas que se plantearon en distintos momentos de la historia, es poner al niño frente a la ciencia como construcción humana. Por otra parte le permite valorar la importancia histórica de ciertos modelos, al explicar aspectos de la realidad.

«Si uno entiende el problema con que se enfrentaba el científico, se puede participar de alguna forma en su proceso de pensamiento, en su intento de solución y en su posible descubrimiento» (Berkson, 1981:30 *apud* Stipcich, 2004:167)

En el siglo xv, uno de los desafíos era describir el movimiento de los planetas alrededor del Sol. Mientras Kepler, basándose en los registros de Tycho Brahe, sistematizaba datos y lograba

establecer las leyes que regulaban el movimiento de los planetas, Galileo estudiaba el movimiento y sentaba las bases de la inercia, *si algo se mueve sin que nada lo toque, se seguirá moviendo indefinidamente en línea recta y con la misma velocidad*. Newton consideró que para cambiar el movimiento era necesaria una fuerza, tanto para modificar su velocidad como su dirección. Estaban todos los insumos necesarios para responder: *¿por qué cae la manzana y no la Luna?*, *¿por qué los planetas giran alrededor del Sol y no siguen de largo?*, para esbozar su Ley de gravitación universal.

Pensamos que esta línea de trabajo requiere que los alumnos hagan suyo el problema y pongan en uso sus conocimientos para intentar algunas explicaciones; requiere intervenciones docentes específicas aportando analogías –un objeto atado a una cuerda girando en círculo necesita de una fuerza hacia el centro para no escapar– y textos de divulgación científica, adecuadamente transpuestos.

Mientras en cuarto grado, nuestro trabajo debería centrarse en reflexionar sobre las experiencias, el entorno natural; en quinto grado necesitamos recurrir a la historia de la ciencia. 

Referencias bibliográficas

- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; ANTÚNEZ, Nélica; BENECH, Adela; BUGANI, Mariángeles; CICERCHIA, Cecilia; DE PAULA, Selva; DE SOUZA, Jorge; ETCHARTEA, Andrea; GARCÍA, Ana Laura; GARCÍA, Juan Pablo; GESUELE, Cecilia; HERNÁNDEZ, Cinkia; ITHURRALDE, Sylvia; PERAZZA, Patricia (2014): “Enseñar Mecánica a escolares. Aporte histórico epistemológico a su didáctica” en *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 128 (Diciembre), pp. 59-67. Montevideo: FUM-TEP.
- ANTÚNEZ, Nélica; BUGANI, Mariángeles; HERNÁNDEZ, Cinkia (2015): “Las fuerzas y los cambios en el movimiento” en *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 131 (Junio), pp. 26-32. Montevideo: FUM-TEP.
- CAMINO, Néstor (2006): “Génesis y evolución del concepto de gravedad. Construcción de una visión de Universo”. Tesis de Doctorado. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. En línea: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/3066/Documento_completo.pdf?sequence=1
- DIBARBOURE, María (2014): ‘II. Un ejemplo de lectura compartida en física’ (pp. 51-54) en M. Dibarboure; S. Porta; D. Rodríguez: “La doble agenda en la lectura. Un recurso didáctico para la enseñanza de las ciencias” en *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 124 (Abril), pp. 46-57. Montevideo: FUM-TEP.
- STIPCICH, María Silvia (2004): “Significados del concepto de interacción gravitatoria en estudiantes de nivel polimodal y puesta en práctica de una propuesta didáctica respecto a dicho concepto”. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. En línea: <http://riubu.ubu.es/bitstream/10259/48/1/Stipcich.pdf>