



**ENSEÑAR
FÍSICA.
UN PACTO
CON LA FICCIÓN**



Presidencia
de la Nación

Ministerio de
Educación

Presidenta de la Nación

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Jefe de Gabinete de Ministros

Dr. Aníbal Fernández

Ministro de Educación de la Nación

Prof. Alberto E. Sileoni

Secretario de Educación

Lic. Jaime Perczyk

Jefe de Gabinete

A.S. Pablo Urquiza

Subsecretario de Equidad y Calidad Educativa

Lic. Gabriel Brener

Directora Nacional de Gestión Educativa

Prof. Delia Méndez



**ENSEÑAR
FÍSICA.
UN PACTO
CON LA FICCIÓN**

Directora de Educación Secundaria

Virgina Vázquez Gamboa

Coordinadora de Áreas Curriculares

Cecilia Cresta

Autor: Horacio Tignanelli

Coordinación de Materiales Educativos

Coordinador: Gustavo Bombini

Responsable de Publicaciones: Gonzalo Blanco

Coordinación editorial: Silvia Seoane

Edición: Ana Feder

Diseño: Rafael Medel

Ministerio de Educación de la Nación

Enseñar Física. Un pacto con la ficción. - 1a ed. ilustrada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ministerio de Educación de la Nación, 2015.

Libro digital, PDF - (Secundaria para todos ; 8)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-00-1144-0

1. Calidad de la Educación.

CDD 371.1

Índice

1. Educación en ciencias y <i>galumphing</i>	11
2. Ley de leyes	23
3. Dibujos animados en el aula	33
4. Nuevos argumentos, vieja gravedad	87
Apéndices	125
Bibliografía	139

La Educación Secundaria constituye para nuestro Ministerio uno de los ejes principales de su acción. La obligatoriedad del nivel, establecida por la Ley de Educación Nacional, vino a situarnos, tanto al Estado como a la sociedad, frente al mayor desafío educativo del siglo que está comenzando. Si la epopeya de la educación primaria abierta hace 130 años con la Ley 1420 marcó con su potencia inclusiva a gran parte del siglo XX y alcanzó sus metas, no sin atravesar conflictos, ya muy avanzado ese largo trayecto, hoy la educación secundaria nos sitúa ante un nuevo comienzo y por ello ante una nueva responsabilidad. Hoy tenemos a más del 80 por ciento de nuestros jóvenes en la escuela secundaria, pero sabemos que tenemos por delante mucho trabajo por realizar para mejorar sus aprendizajes, asegurar sus trayectorias y promover la finalización de sus estudios en las mejores condiciones.

Esta colección que estamos presentando aquí, es producto de esta preocupación que nos convoca como educadores y funcionarios del Estado. Su título *Secundaria para todos* no ha sido elegido al azar; llamamos a esta secundaria “para todos” porque reconocemos que venimos de un modelo de escuela secundaria previo, sabemos que nada comienza de cero, mucho menos en educación, pero comprendemos la necesidad de generar entre todos nuevos criterios y nuevos saberes que ayuden a cumplir ese objetivo simple de enunciar y difícil de alcanzar: una secundaria con todos nuestros jóvenes dentro de ella. Esta es la condición central que explica nuestro concepto de calidad educativa.

Los ocho títulos con que esta serie comienza –y que como todo comienzo promete continuidad– abordan distintas cuestiones, desde las vinculadas con las diferentes concepciones de escolarización y docencia, hasta las que refieren a la organización estudiantil y al particular mundo de los jóvenes, pasando por otros títulos donde se plasman novedosas propuestas de desarrollos curriculares y de vinculación entre campos diversos, tales como Lengua y Geografía o las Ciencias Naturales y las Sociales. Sus autores son calificados pedagogos y especialistas en distintas disciplinas y, además, la mayoría de ellos comparte con nosotros la responsabilidad de la gestión educativa nacional. Esta última característica tiene, para nosotros, el sentido de un doble compromiso, a la vez político e intelectual, ya que las ideas y estrategias que ellos nos ofrecen, no son sólo el producto de la solitaria reflexión de gabinete, sino que están tejidas en la trama de su propia práctica de gestión.

Nuestra aspiración es que esta colección se convierta en un lugar de encuentro y debate para todos los docentes del nivel secundario. Lugar para apropiarse de propuestas novedosas, pero también espacio para discutir lo que en estos textos se está planteando. La Nueva Secundaria que la sociedad argentina está esperando surgirá de experiencias de trabajo intelectual como éste pero, sin duda, sólo podrá tomar cuerpo y avanzar en tanto este trabajo se enfrente con la cotidiana realidad de nuestros docentes, con sus anhelos, sus reclamos, sus certezas y sus dudas.

De este encuentro entre los textos y los miles de docentes de la escuela secundaria de nuestro país, esperamos que surjan nuevas síntesis superadoras, nuevos recorridos y nuevas estrategias para abordar viejos y nuevos problemas. Esa es nuestra apuesta y la medida de nuestra esperanza.

Ministro de Educación
Prof. Alberto E. Sileoni

En 2009, el Consejo Federal de Educación aprobó, a través de la Resolución CFE N° 93/09, el documento denominado “Orientaciones para la organización pedagógica e institucional de la educación secundaria”. Se trató de un paso fundamental en la construcción de una nueva escuela secundaria inclusiva y de calidad. La Resolución postula la necesidad de una serie de modificaciones en pos de lograr este objetivo. Para ello plantea la necesidad de ampliar las concepciones vigentes de escolarización; fortalecer la orientación de las trayectorias; garantizar una base común de saberes promoviendo el trabajo colectivo de los docentes; y resignificar la relación entre las escuelas y su contexto.

Desde la aprobación de la Resolución CFE N° 93/09, el Ministerio de Educación de la Nación ha venido llevando a cabo numerosas acciones para plasmar estas modificaciones en la vida cotidiana de las instituciones. Los materiales, que a través de la *Colección Secundaria para todos* hoy ponemos a disposición de las escuelas, son el producto de una elaborada reflexión sobre el proceso de transformación de este nivel en particular, pero también de lo que ha venido ocurriendo en sistema educativo en su conjunto en la última década. Esta colección ofrece a los docentes diferentes propuestas de enseñanza que interrogan los saberes y anudan aquellos que se enseñan por separado proponiendo diferentes modos de hacerlo.

Los textos de esta colección convergen en la asunción de un mismo desafío: elaborar materiales que estén, tanto en el plano de lo temático como en la forma de abordarlo, a la altura de un proceso inédito de cambio que ha impulsado la inclusión, sin resignar la calidad. Son textos que se nutren de la experiencia acumulada a lo largo de estos años y que sirven, a su vez, como pilares sobre los que será necesario construir aquello que todavía nos falta alcanzar.

Sabemos, porque estamos en permanente contacto con lo que ocurre en las instituciones, que existe un compromiso docente por llegar a esa escuela para todos. Es por ello que estamos seguros de que los educadores de cada rincón del país sabrán valorar y sacar el mayor de los provechos de esta colección.

Secretario de Educación

Lic. Jaime Perczyk

La Ley de Educación Nacional 26.206 ha establecido la obligatoriedad del nivel secundario. Se trata de un hecho fundamental en términos de ampliación de derechos que abarca a un enorme conjunto de adolescentes, jóvenes y adultos de nuestro país.

Esta enorme transformación implica volver a pensar la escuela secundaria en clave de derechos para cada argentino y argentina. El Estado Nacional asume este desafío fundamentado en la convicción de que más educación para todos y todas constituye un paso fundamental en la construcción de ciudadanía.

Una escuela secundaria que incluya a todos y a todas supone revertir el mandato histórico presente en la creación del nivel secundario: se trataba de una escuela selectiva destinada a formar una elite de dirigentes a nivel nacional y en cada una de las provincias que conformaba nuestro territorio hacia 1863. A lo largo del siglo XX diferentes sectores sociales pugnaron por ser alojados por el sistema y tomar parte en esa formación de corte universalista, propia del bachillerato humanista o atravesar una formación más vinculada a campos profesionales o de las más diversos oficios, sea en el ámbito de los liceos y escuelas normales, de las escuelas de comercio o bien, de las escuelas técnicas.

Históricamente la matrícula del nivel ha ido creciendo junto con la cantidad de establecimientos dedicados a esta formación de adolescentes, jóvenes y adultos. El desafío de hoy es el mayor de la historia: que todos los ciudadanos y las ciudadanas de este país concluyan sus estudios secundarios en cualquiera de sus orientaciones y posibilidades.

Hablamos de desafío precisamente porque se trata de generar las condiciones para que la inclusión como meta de esta política se produzca garantizando la calidad de la enseñanza. Se trata de reinventar sentidos y significados, metas y propósitos, saberes y prácticas en relación con un nivel educativo que renueva su mandato.

En este sentido, la colección que aquí presentamos tiene como propósito poner en juego discusiones, puntos de vista y ofrecer propuestas de trabajo que circularán en estas nuevas aulas pobladas de adolescentes, jóvenes y adultos comprometidos con su paso exitoso por la escuela secundaria.

Se trata de una colección de libros destinada a docentes y directivos, pero también a los niveles técnicos y políticos del sistema educativo, que recorre temas centrales para la escuela en la actualidad y acompaña el mandato de obligatoriedad impulsado por la Ley de Educación Nacional. La elaboración de los materiales que la componen es una herramienta que se suma a otras que –como la distribución de 5 millones de netbooks del Programa Conectar Igualdad, los 90 millones de libros entregados y las miles de escuelas construidas– contribuyen a hacer realidad el derecho enunciado por la ley.

Tres ejes atraviesan esta colección: el político, dado que se abordan temas como el sentido de las políticas de enseñanza en el contexto de la obligatoriedad; el institucional alrededor de cuestiones nodales en la vida de la escuela y los sujetos que la habitan y el eje curricular que ofrece orientaciones y propuestas para el desarrollo de los lineamientos que se presentan en la Resolución CFE N° 93/09 “Orientaciones para la organización pedagógica e institucional de la educación secundaria obligatoria”.

Los ocho títulos que aquí presentamos abordan temas de los ejes propuestos y pretenden ser una oportunidad de diálogo entre las propuestas presentadas y los distintos actores que intervienen en la construcción de una mejor y más significativa educación secundaria.

Subsecretario de Equidad y Calidad Educativa
Lic. Gabriel Brener



1

Enseñar Física. Un pacto con la ficción

Educación en ciencias
y galumphing

Decir que la piedra cae a la tierra es dejar de lado la naturaleza activa del acontecimiento. Decir “la gravedad atrae a la piedra hacia la tierra” sugiere un mecanismo subyacente que no se basa en la realidad. Decir que la tierra atrae a la roca hacia sí no permite captar la presencia mutua del universo y cada una de sus partes. Es mejor decir que el planeta tierra y la roca son atraídos por el universo a una relación de unión. Simplemente se produce la unión; simplemente es. La unión es el hecho perdurable del universo y sucede primitivamente en cada instante nuevo, una manifestación inevitable de la unidad de las cosas”
(Swimme y Berry, 2006)

El inglés Charles Lutwidge Dodgson (1832-1898) fue un diácono anglicano, matemático, fotógrafo y escritor. Se hizo célebre con el seudónimo Lewis Carroll y por sus textos sobre las aventuras de una niña llamada Alicia. Carroll inventó la palabra *galumphing* para su libro *A través del espejo y lo que Alicia encontró allí* de 1873. Esa palabra aparece en una estrofa del poema “Jabberwocky” (un extraño monstruo que acecha a Alicia) considerado como uno de los mejores poemas sin sentido escritos en inglés:

One, two! One, two! And through and through
The vorpal blade went snicker-snack!
He left it dead, and with its head
He went galumphing back.

Plagado de sonoros términos inventados, una temeraria traducción sería:

¡Uno, dos! ¡Uno, dos! Hasta el tuétano
la vorpalina espada lo hizo pedazos
lo dejó muerto, y con su cabeza
galofrante regresó.

Cien años después, Stephen Miller (1973), antropólogo de la Universidad de Harvard, denominó *galumphing* a uno de los principales talentos que caracterizan a las formas de vida superiores: la energía del juego, la fuerza alborotadora y aparentemente inagotable que se observa en los cachorros (gatitos, niños, mandriles de corta edad,

etc.) y también en las comunidades y civilizaciones. En los animales más evolucionados y en las personas, el *galumphing* supone un valor evolutivo sobresaliente. Así, aquella palabra inventada por Carroll se convirtió en la denominación de uno de los conceptos más interesantes de la actual antropología cultural.

También puede pensarse en el *galumphing* como la elaboración y ornamentación aparentemente inútil de una actividad; una construcción que parece siempre licenciosa, excesiva, exagerada, incluso antieconómica. *Galumphing* es dar saltos en lugar de caminar, tomar el camino más pintoresco en lugar del más corto, jugar a un juego cuyas reglas exigen una limitación de nuestro poder, interesarnos en los medios más que en los fines o crear obstáculos voluntariamente en nuestro camino para divertirnos superándolos (Nachmanovitch, 2007).

En el arte, el *galumphing* se considera algo natural, casi “necesario” para la creatividad del artista. En la literatura, el teatro, la música, las artes visuales, en todos y cada uno de los lenguajes artísticos, el *galumphing* interviene en el proceso creativo de una u otra manera.

En cambio, en las ciencias, el *galumphing* no se incluye como parte de la metodología científica, ni explícita ni implícitamente. Los episodios vinculados al *galumphing* se esconden, disfrazan o directamente se niegan. Si lo menciona un científico encumbrado, el *galumphing* se atribuye a su genialidad, a su extravagancia –incluso a su locura– o a un hecho casual.

¿Qué sucede en la educación? Los modos en que los seres humanos enseñamos y aprendemos no siguen una linealidad progresiva, tal como lo sostiene el énfasis puesto en ciertos métodos educativos que dicen qué es lo que se debe hacer y cuáles son los resultados que hay que alcanzar.

El *galumphing* como posibilidad de cambiar modelos, modos y prácticas, de transformar los modos de ver y pensar que una realidad diferente puede ser posible y que no hay caminos lineales para conseguirla sino a través de “saltos cualitativos”. Si no pensamos, no hay *galumphing* posible. A ciencia cierta, si no se alcanzan los resultados previstos es por no pensar.

Resulta interesante observar cómo a través del tiempo las políticas educativas han intentado que el camino a recorrer fuera el más corto, aportando las soluciones más simples, en detrimento de la inclusión social, del desarrollo curricular y principalmente del desarrollo de nuestra capacidad cognitiva de continuar nuestra for-

mación permanente como ciudadanos críticos. Así, estas concepciones estáticas de cómo debemos enseñar y cómo debemos aprender han inscrito en las paredes de las aulas los moldes que nos forman como sujetos sociales, personas, intelectuales y científicos y sólo tenemos posibilidades de un nuevo futuro si rompemos dichos moldes.

Pensamos en estrategias que adopten secuencias novedosas y enfoquen en la posibilidad de *galumphing*, estimulando la riqueza de respuestas y la flexibilidad de adaptaciones. No obstante, somos conscientes de que la enseñanza de las ciencias es un campo reticente al *galumphing* por considerar que tal actitud podría derivar en la banalización del conocimiento científico. Los rasgos más relevantes de ese conocimiento son o deberían ser (Palma, 2004):

- a) **Objetividad:** que sea independiente de los conocimientos, creencias o deseos de los sujetos.
- b) **Decidibilidad empírica:** que dé la posibilidad cierta de determinar la verdad o falsedad de las afirmaciones concluyentemente.
- c) **Intersubjetividad:** que implica la estructuración de un saber compartido e independientemente de los sujetos individuales.
- d) **Racionalidad:** que satisface las leyes de la lógica, es revisable y justificable.

Con estos rasgos como estandartes subrepticios, es habitual que muchas prácticas incluyan o arrastren ciertos *conceptos fuera de foco* –tal como los llamaron Postman y Weingartner (1969)–, entre los que mencionamos:

- El concepto de **verdad absoluta**, inmutable, en particular desde una perspectiva bipolar del tipo buena o mala.
- El concepto de **certeza**. Parece existir siempre una respuesta correcta y es absolutamente correcta.
- El concepto de entidad **aislada**. Es decir: “A” es simplemente “A”, de una vez y para siempre.
- El concepto de estados y cosas **fijos**, con la concepción implícita de que cuando se sabe el nombre, se entiende la cosa.
- El concepto de **causalidad simple**, única, mecánica. La idea de que cada efecto es el resultado de una única causa, fácilmente identificable.
- El concepto de que las diferencias existen solamente en formas **paralelas y opuestas** (por ejemplo: bueno/malo, correcto/errado, sí/no, corto/largo, para arriba/para abajo, etc.).

- El concepto de que el conocimiento es **transmitido**, que emana de una autoridad superior y debe ser aceptado sin ser cuestionado.

Una educación centrada en estos conceptos desenfocados tiende a conformar personalidades pasivas, dogmáticas, intolerantes, autoritarias, inflexibles y conservadoras, que resistirán cualquier cambio para mantener intacta su ilusión de la certeza.

La enseñanza y el proceso educativo se tornan tediosos en un mundo de certezas y de causalidades simples. Una suerte de profecía “autocumplida” en la que las generaciones conocen de antemano aquello que va a ocurrir como un devenir previsible e inevitable, lo que va a ser enseñado, lo que va a ser aprendido, quiénes tendrán el privilegio y quiénes serán excluidos del banquete del conocimiento, no hace falta apelar a ningún misterio paranormal para saber esta parte del devenir de la vida cotidiana de las escuelas. En este contexto, si no se alcanzan las metas es por problemas de eficiencia y no por defectos conceptuales y metodológicos.

Para que los jóvenes puedan construir otras significaciones durante sus aprendizajes, para que se apropien de conceptos que eviten el posible desenfoco en su educación,¹ es conveniente que las prácticas de aula se inscriban y apunten a un **aprendizaje significativo crítico**. Ese tipo de aprendizaje permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella. Se trata de una perspectiva antropológica en relación con las actividades de su grupo social que permite al individuo participar de tales actividades, pero, al mismo tiempo, reconocer cuándo la realidad está tan alejada que ya no es percibida por el grupo.

En ese sentido, el *galumphing* en la educación resulta una estrategia de alto potencial para llevar adelante ese tipo de prácticas, porque permite desarrollar algunas tácticas liberadoras de cualquier restricción arbitraria y favorecen la expansión del campo de acción de los sujetos (estudiantes y docentes).

Por otra parte, hay quienes opinan que quienes enseñan o divulgan las ciencias son meros reproductores de los saberes que produ-

1. Conceptos como relatividad, probabilidad, incertidumbre, sistema, función, causalidad múltiple, asimetría, grados de diferencia, representaciones y modelos.

cen los científicos. Es cierto que los investigadores generan modelos explicativos sobre diferentes fenómenos y desarrollan técnicas novedosas. Pero maestros, profesores y divulgadores no necesariamente deben ser repetidores mecánicos de esos saberes. Su responsabilidad y trabajo los deberían conducir a promover un debate acerca de lo que es la ciencia y sobre cuáles son sus significados para nuestra cultura (Wolovelsky, 2004). Ejercer una enseñanza crítica de las ciencias les permitiría a los docentes generar aprendizajes significativos más profundos, duraderos y críticos. Sostener el *galumphing*, como en todo juego, permitiría reinterpretar la realidad y producir algo nuevo, lo que evitaría que la clase permanezca rígida, ya que cualquiera sea la diversificación que se proponga, los estudiantes, tendrían por ejemplo, oportunidad de reordenar sus capacidades y sus identidades mismas, para poder usarlas en formas imprevistas (Nachmanovitch, 2007).

En este trabajo nos proponemos exponer algunas ideas, tomadas de diversos autores, para favorecer la creación de nuevas propuestas en las clases de ciencias con los jóvenes de la Secundaria. En particular nos centramos en la enseñanza de la física y como tema elegimos el tratamiento de algunas situaciones y fenómenos vinculados con la gravedad. Pero entendemos que los docentes de otras disciplinas bien pueden considerar algunas de las ideas que mostramos aquí y sencillamente aplicarlas a diversos temas.

No tratamos aquí la descripción de una secuencia específica ni del punteo de premisas didácticas, sino de la presentación de algunas posibilidades con ciertos recursos creativos, propios de nuestra cultura, a la manera de un *galumphing educativo*, un juego colectivo que favorezca aprendizajes críticos y significativos.

Nuestra elección, además pretende descentralizar la clase del libro de texto. Coincidimos con Moreira (2005) en que, para muchas personas, los libros de texto aún simbolizan cierta autoridad de donde emanan conocimientos; algunos docentes y estudiantes se apoyan excesivamente en ellos, aunque se traten de textos que estimulan el aprendizaje mecánico: transmisor de verdades, certezas, entidades aisladas, tan seguro para algunos docentes y estudiantes. Pareciera que el conocimiento está allí, esperando que los alumnos vayan a aprenderlo, sin cuestionamiento alguno.

Los artículos científicos, los cuentos, las poesías, las crónicas, los relatos, las obras de arte y tantos otros materiales representan

mucho mejor el conocimiento producido. La tarea de descompactarlo para fines educativos implica cierto cuestionamiento, cierta postura crítica y sincera.

La utilización de materiales diversificados y cuidadosamente seleccionados –a cambio de centrarse en libros de texto– facilita el aprendizaje significativo. La propuesta de una diversidad de materiales educativos no pretende excluir el libro didáctico de los colegios, sino considerarlo apenas como uno más entre otros materiales (Moreira, 2005).

Para nuestro *galumphing*, el soporte que escogimos es artístico y el lenguaje, el literario. Si bien ciencia y literatura son dos actividades que difieren sustancialmente, no son mutuamente excluyentes (Huxley, 1979). En efecto, se distinguen por su respectivo interés en la experiencia pública y privada, y por ello difieren en función, psicología y lenguaje. Para el literato, el lenguaje es el fin mismo de su quehacer, en tanto que para el científico es apenas un medio, un instrumento.

Dentro del lenguaje elegido, nos propusimos trabajar las historias gráficas, con particular énfasis en los comics de superhéroes. De ellas, escogimos aquellos personajes con habilidades relacionadas con fenómenos gravitatorios y situaciones donde se pongan de manifiesto.

Nuestro recorrido inicia con las caricaturas, ya que su paso de la gráfica al soporte audiovisual (cine, TV, video) dejó instaladas una serie de premisas interesantes para abordar el tema (algo que suele identificarse como las **leyes de la ficción animada**).

Existe cierta diferencia entre la riqueza de lo que podría denominarse la “física del cómic” y la “física de la ficción”. La física de la ficción es probable que plantee cuestiones anticipatorias que la ciencia vaya resolviendo con el paso del tiempo; suele haber muchos ejemplos de esta naturaleza en el desarrollo de la tecnología. En cambio, la “física del cómic” plantea situaciones irresolubles en la naturaleza cotidiana del ser humano, pero que tienen la extraordinaria habilidad de despertar la fantasía y el deseo de ser parte de la historia.

La aventura del pensamiento atraviesa cierto interés atávico del ser humano por ser parte de experiencias que rompen, aunque sea temporalmente, las leyes de la naturaleza y que en general son imposibles de realizar en la vida ordinaria. Algunas no sabemos muy bien cómo, pero llegan a efectuarse.

El mundo del cómic reviste una riqueza en sus quiebres, rupturas y distorsiones, junto con la atracción fantástica que genera saber cómo se realiza en “otro mundo” aquello que en este no podemos hacer. La realidad del cómic propone ejercicios de contrastes permanentes con la realidad de nuestra vida que ponen en juego procesos cognitivos e intelectuales que se expanden y desarrollan. Estos procesos, integrados en estrategias de enseñanza, pueden generar aprendizajes no sólo sobre contenidos científicos sino también sobre las metodologías de las ciencias.

Entre lo que se ve, se desconoce y es necesario develar, están los saberes. Como espectadores, en general quedamos fascinados por la estética de la expresión artística, por la calidad de los dibujos y las expresiones, por lo espectacular de los efectos o por el impacto de lo desconocido. Pocas veces ponemos la mirada en los saberes que expresan o están ocultos en las imágenes que vemos, en los saberes que implica una producción de ficción o una expresión artística, aquello para nada ficcional que traduce la naturaleza de la esencia humana, su capacidad de producción de bienes culturales y su imperiosa necesidad de hacerlos conocidos y de transmitirlos. En definitiva, de hacerlos parte del proceso educativo.

Quienes escriben cómics saben, poseen un saber intrínseco de la técnica de animación, pero también saben de lo que escriben: poseen conocimientos de estética, de matemática, de geografía, de historia y de física que son reflejados en los relatos, más lejos o más cerca de la realidad.

Muchas veces, los contextos son sociedades reales con historias, organizaciones, instituciones y hábitos de vida y de clase. Sin todos estos saberes sería imposible violar las leyes de la física y ponerla al servicio del bien o del mal, según la historia que estemos presenciando. Los conocimientos y las discusiones éticas también cobran aquí un sentido relevante.

Ahora bien, por imperio de los modos políticos de aprender, sólo vemos aquello que se nos propone para ver, la magnitud del personaje y sus cualidades, o la historia que nos devela las posibilidades del “otro mundo”. Sin embargo, en general, los saberes presentes y “aparentemente” ocultos son ignorados por el espectador en aras del disfrute estético o de la diversión. Lo interesante, entonces, para quienes enseñan y aprenden, es el desafío de trabajar no sólo con las historietas, sino con los modos en que el desarrollo curricular se realiza en las escuelas.

Nos introduciremos en el mundo de los superhéroes y desarrollaremos algunas ideas de cómo se plantean sus vínculos con la gravedad. Invariablymente aquí debemos reparar en los mundos ficcionales, inventados para justificar muchas de las “superhabilidades” de estos personajes de atuendos coloridos. Veremos que la actividad de inventar nuevos mundos no es una tarea exclusivamente literaria, sino que viene llevándose a cabo desde casi el mismo nacimiento de la ciencia, tal como se aprecia en los ejemplos de historia de la astronomía que hemos escogido. Luego analizaremos algunos efectos, producto de aprovechar la capacidad de alterar la realidad (por ejemplo: levitar, saltar, volar) y reseñaremos los nuevos tipos de “superseres”, adaptados a los nuevos avances en la comprensión de los fenómenos gravitatorios.

Las ciencias y los procesos educativos se construyen con imaginación, fantasía, conocimientos previos, ensayos, pruebas, verificaciones, comprobaciones parciales, verdades que nunca son totales y que serán aceptadas o sometidas al juicio crítico y vuelta a empezar, pero ya en otro escalón, que nunca es igual y quizá tampoco sucesivo.

Para llevar adelante estos procesos educativos no es suficiente tener los conocimientos necesarios. Resulta esencial mirar el proceso de formación subjetiva que se va realizando en el tiempo, tomar conciencia de cómo la potencialidad del quehacer humano, científico, educativo, se ve sometida por un saber técnico, un saber que es político por su capacidad de impregnación y dominación en el campo del ser y del hacer, con consecuencias conocidas en las miradas sociales injustas que despliega.

Es necesario cambiar de punto de vista para construir con los alumnos perspectivas pedagógicas y científicas superadoras. Pero también es necesario elaborar una perspectiva político-estratégica en cada institución, que les permita a los docentes revisar su posición de manera permanente y los anime a ejercitar la metáfora del *galumphing*, resignificando críticamente sus saberes y sus prácticas así como los modos de ver la realidad y la sociedad que habitan, de la cual son parte al igual que los alumnos.

El conocimiento tiene esta potencialidad de *galumphing* en la medida en que siempre es una verdad parcial, con peso propio y temporalmente certero, pero que puede ser modificado en la medida que la sociedad humana avanza. Si la ciencia requiere de márgenes de incertidumbre para ser desarrollada, expandida y lanzada a mundos nuevos, la educación debiera seguir pasos similares.

Por último, la idea de *galumphing* no es el objeto de este texto, sino el sujeto. No hablamos aquí sobre cómo desarrollar esta habilidad particular, ni como llevarla a la práctica. La lectura del texto desde su inicio hasta el final es el desarrollo del *galumphing* y pretendemos que el material que aporta para el trabajo de los docentes en las aulas sea una invitación constante para que esto se plasme en la realidad de la enseñanza.

Así como el juego conforma la columna vertebral de muchas de las estrategias educativas en los primeros años de la escolaridad, la incorporación de metodologías creativas y lúdicas para la enseñanza de las ciencias en el Secundario potencia los aprendizajes de los estudiantes.

Ofrecemos en estas páginas una posibilidad potente para los profesores que decidan adentrarse en el contenido que aquí se presenta, de cambiar u optimizar sus modos de trabajar el desarrollo curricular y la enseñanza en las aulas. Es una posibilidad de revisar y transformar la acción pedagógica a través de la reflexión crítica sobre el dominio de las certezas de lo que debe ser realizado en términos tradicionales por encima de la posibilidad de cambio, incluyendo a todos en el maravilloso viaje colectivo del aprendizaje, en especial, aquellos que ven difícil su alfabetización científica.

Una posibilidad para que la aventura de la lectura enriquezca el pensamiento e invite al ejercicio reflexivo propio de la construcción intelectual, promoviendo el desarrollo de la capacidad de imaginar, accediendo a los modos de conocer y experimentar que tienen los jóvenes y también los adultos, y de las relaciones que establecen estos modos con la prerrogativa política de una alfabetización científica que, como parte de la formación de la ciudadanía, democratice, distribuya y promueva la iniciativa de nuestros jóvenes de aventurarse en el camino de la ciencia.



Enseñar Física. Un pacto con la ficción

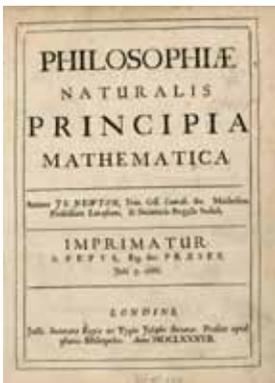
2

Ley de leyes

La gravitación de Newton

Empecemos por analizar algunas de las características más relevantes de la noción de gravedad con las que coinciden los contenidos y las prácticas de enseñanza habituales de los colegios secundarios, y sobre las cuales reflexionaremos. Dice un texto de física elemental:

Los objetos como las hojas, la lluvia y los satélites caen debido a la gravedad. La gravedad es lo que conserva el té dentro de la taza y lo que hace subir las burbujas. Ella ha hecho a la Tierra redonda y genera la presión que ha encendido todas las estrellas del cielo. (Hewitt, 1995)



II Portada de los *Principia* de Isaac Newton.

Estos son algunos de los portentos que logra la gravedad y, quizás por ello, su descripción y estudio se hallan en todos los programas de enseñanza de Física, tanto de la educación primaria como de la secundaria. Los efectos y descripción de la denominada “Ley de la Gravitación Universal” (LGU), en general, suele ser presentada y estudiada como la primera ley *natural* o la primera ley de la Física. Esta ley fue postulada tal como la conocemos hoy por Isaac Newton en 1687, en su célebre tratado *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (también conocido simplemente como *Principia*), considerado uno de los libros más importantes de la historia de la ciencia. Mediante la LGU, Newton describió la **acción de la gravedad** y, entre otras consideraciones, la señaló como causante de que:

- los cuerpos cercanos a la superficie terrestre se muevan espontáneamente hacia ella –*caigan*– si nada interrumpe o se interpone en su movimiento.
- todos los cuerpos experimenten una atracción hacia el planeta, que se denomina *peso* y puede medirse convenientemente.
- las aguas de mares y océanos experimenten un desplazamiento periódico identificado como *mareas*.
- la Luna se mantenga en órbita alrededor de la Tierra, a semejanza de lo que les sucede a todos los satélites en torno a sus planetas centrales, y que estos –incluido el nuestro– orbiten el Sol.

La física contemporánea considera que la gravedad es una de las cuatro fuerzas fundamentales o *clases de interacciones* como también suele indicarse; cada una de esas interacciones tiene un papel

diferente en la descripción de los fenómenos naturales, que no profundizaremos en esta oportunidad.²

No obstante, respecto de la fuerza gravitatoria (de la que sí nos ocuparemos), recordamos que la física la considera comprometida con la atracción mutua de todas las partículas del universo. Además, la gravedad mantiene la unión de cada planeta con una estrella, genera y sostiene el movimiento de los planetas alrededor de esas estrellas y el de estas en sus trayectorias por el interior de las galaxias, todo aparentemente en coincidencia con lo postulado por Newton en sus *Principia*, cuatro siglos atrás.

Ciencia y arte: las leyes de la ficción

Los atributos para el arte lo son también para la ciencia. El científico produce información y la ciencia requiere observadores que juzguen, valoren y verifiquen la obra. Se diferencian entonces en que la ciencia requiere réplica y contrastación, mientras que la obra de arte simplemente se contempla y se goza. Sin embargo, es indiscutible que hay elementos de goce en la ciencia así como también hay componentes cognitivos en el arte.

Díaz Gómez (1997) señala que el científico disfruta el placer estético que le produce un experimento bien diseñado y el artista o el crítico bien saben que la reflexión y la contrastación no están excluidas del arte; de hecho, le son consustanciales. Es así que, ubicado en un universo artístico determinado, un creador inventa una nueva manera de ver y de expresarse. Se inspira en lo existente y afecta a quienes lo siguen. Las genealogías de pintores, coreógrafos, poetas o cineastas son tan similares a las genealogías de los físicos, químicos o biólogos que sería imposible diferenciarlas: en ambas actividades hay escuelas, doctrinas, teorías, leyes y técnicas particulares, compromisos ideológicos y éticos. Desde luego que la genealogía no es, estrictamente hablando, una verificación, aunque en ambas actividades se da el mismo fenómeno: el alumno creativo se detiene en la obra de un maestro y luego se impulsa hacia otro orden, se separa y, muchas veces, contradice lo establecido.

2. Completan este cuarteto la fuerza electromagnética y las dos fuerzas nucleares, una fuerte y una débil.

Como afirma Díaz Gómez (1997), estas similitudes son sustanciales, pero se detectan diferencias en el método. Por ejemplo, el científico emplea técnicas muy elaboradas para realizar sus observaciones. Necesita instrumentos cada vez más complejos y precisos. Una vez obtenidos los datos, es decir, los *tangibles* de sus observaciones armadas, el científico realiza la última etapa del método: la escritura del artículo científico, que es la obra propiamente dicha, aunque esta resulta menos atractiva que el procedimiento, al menos para el propio investigador.

Por su parte, el artista sigue un método similar, pero que parece tener un énfasis técnico distinto. En efecto, en tanto que el científico realiza una observación armado de técnicas sumamente precisas y complejas, el artista realiza una observación muy diferente porque se basa en el refinamiento de factores perceptuales, cognitivos y emocionales propios: el artista depura su sensibilidad. En este caso, y a diferencia de la ciencia, no se generan “datos duros”, o sea registros observacionales o de máquinas a los que es necesario dar una interpretación, sino que se genera una representación más directa. Además, la técnica en el arte se emplea, fundamentalmente, en la producción de la obra.

Es así como, aunque el científico y el artista deben ser “artesanos” y dominar las técnicas, las emplean en momentos diferentes del proceso. Si bien es indudable que hay elementos intelectuales en el arte y emocionales en la ciencia, lo cierto es que en la práctica, en la acción y la obra, esta distinción se pone de manifiesto en el hecho de que la ciencia pretende un conocimiento impersonal y universal expresable finalmente en el lenguaje más abstracto, el matemático. Deliberadamente con ello deja de lado los aspectos más subjetivos, particulares y específicos, que son, precisamente, el área del arte (Díaz Gómez, 1997). En este sentido, la diferencia fundamental entre ciencia y arte es probablemente la *calidad*. No la calidad, que es el factor común para juzgar la excelencia en ambos casos, sino la cualidad, asunto misterioso y delicado cuyo estudio puede llegar a constituir un puente entre ellos.

Por otro lado, los géneros cinematográficos y literarios son medios de expresión que tienen normas, *leyes* y lenguajes propios. Aunque esos medios expresivos se alimentan de invenciones –mientras la ciencia sostiene que lo hace de realidades–, la ficción y la ciencia no son campos incompatibles ni antagónicos. De hecho, la ficción se nutre de la realidad y, por su parte, la ciencia necesita de la inventiva de la imaginación para avanzar. En el aula es posible aprovechar el enorme potencial de sugestión y seducción que tiene la ficción para encauzarlo

convenientemente hacia prácticas potentes de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Y si bien la ficción no tiene voluntad pedagógica ni lo pretende (Moreno y José, 2009), su inclusión en el aula no es sólo un recurso didáctico: la visión o lectura perspicaz de películas y videos, novelas, historietas e, incluso, videojuegos, más allá de que puedan considerarse un acto lúdico en sí mismos, constituyen un camino posible para que los estudiantes ejerciten su espíritu crítico, de modo de estar mejor preparados para afrontar el futuro. Por último, recordamos que existen diferentes *estilos* en el tratamiento de la ficción que, obviamente, plantean posibilidades distintas para su utilización en el aula (De Pro, 2009).

Las leyes animadas

Desde las primeras décadas del siglo XX se ha desarrollado un arte que propone una singular lectura de la realidad a partir del entretenimiento y la diversión: los **dibujos animados** (*cartoon* en su denominación estadounidense, *animé* en japonés y *caricaturas* en su versión española clásica).

En general, dentro del universo de los dibujos animados, los fenómenos físicos tienen peculiaridades que, en definitiva, tanto dan forma a una **realidad alternativa** como producen gran parte de la gracia inherente de las situaciones que presentan y representan (al menos en aquellos dibujos animados que gozan de cierta predilección del público, por resultar hilarantes y divertidos). Son demasiados los ejemplos que podríamos citar; como sea, es posible cubrir un espectro que abarcaría varias generaciones de espectadores, fundamentalmente de televidentes.

Las interacciones entre los personajes y/o los objetos de la mayoría de los dibujos animados se rigen por una serie de **premisas** (incluso hay quienes, vehementemente las denominan **leyes**) que fueron construyendo paulatinamente desde el nacimiento de este género sus dibujantes y guionistas, técnicos y hasta de científicos.³

3. Para conocer otras premisas que rigen los dibujos animados (por ejemplo, vinculadas con la biología o la química), puede consultarse, el artículo "O'Donnell's Laws of Cartoon Motion" aparecido en la revista *Esquire* N° 6 (1980). También puede consultarse el texto de Jhonston y Thomson (1981).

Uno de los objetivos principales de esas premisas es producir la ilusión de que los personajes de los dibujos animados están afectados por ciertas leyes físicas y, de ese modo, lograr caricaturas más realistas. Esos postulados o **leyes de la ficción animada**,⁴ que comenzaron a esbozarse en la década de 1930 y resultaron fundamentales para el desarrollo del arte de las caricaturas, continúan utilizándose en la actualidad. Incluso, con la aparición de estas leyes en diversas páginas de Internet, reciben el aporte de los lectores, que suman corolarios, postulados y hasta nuevas normas para caracterizar el mundo ficcional. Podríamos decir, en términos epistémicos, que esas leyes de ficción aún se consideran válidas en la realidad de los dibujos animados.

A continuación mencionamos algunas de esas premisas, vinculadas con fenómenos físicos y, en particular, con ciertos efectos gravitatorios.

1. La percepción de la gravedad activa sus efectos.

Esta premisa suele expresarse también de la siguiente manera: “Cualquier personaje suspendido en el espacio, permanecerá en ese estado hasta que sea consciente de su situación”.

Sucede que en algunas circunstancias los sucesos gravitatorios no se manifiestan. En otras palabras, la fuerza de gravedad puede que no actúe en ciertas ocasiones. En particular, en el mundo de los dibujos animados, la reflexión y/o la percepción de la existencia de la gravedad es uno de los factores más importantes para la activación de sus efectos.

Por ejemplo, si un personaje que camina por la cornisa del último piso de un edificio da un paso al vacío, quedará detenido o andando en el aire mientras dure su perplejidad por la situación. En cuanto se da cuenta de que efectivamente está suspendido en el aire –y, por lo tanto, sin nada que detenga la acción de la fuerza gravitatoria– cae hacia el suelo, generalmente con enorme rapidez, es decir, tal como si hubiera sido lanzado hacia abajo.

2. Todo cuerpo móvil tiende a permanecer en movimiento hasta que alguna materia sólida se interponga en su desplazamiento, repentinamente.

4. <http://remarque.org/~doug/cartoon-physics.html>.

Existen personajes que pueden correr o desplazarse con enorme rapidez, esquivando temerariamente objetos que eventualmente aparecen en sus recorridos, trazando ángulos y giros extremos, supuestamente imposibles en la realidad (incluso, inadmisibles tecnológicamente). Aunque nada, salvo su propia determinación, parece frenar el movimiento de estos veloces personajes, pueden sin embargo ser detenidos por la aparición repentina, ante dichos personajes, de un objeto que, invariablemente, siempre es un cuerpo sólido.

3. **Todas las consecuencias de la gravedad son anuladas por el miedo.**

Cuando alguien o algo asusta, un personaje puede provocar que cesen los efectos gravitatorios en el espacio que ocupe. Un ruido espeluznante o el sonido desahogado que emite un adversario, alcanzan para inducir un movimiento ascendente que lleva al personaje, por ejemplo, al extremo del asta de una bandera cercana; incluso un pensamiento horroroso es suficiente para impulsar a un personaje lejos de la superficie terrestre. Así, el miedo se convierte en un factor de anulación temporaria de la gravedad.

4. **A grandes velocidades se pueden ocupar varios lugares al mismo tiempo.**

En el mundo de los dibujos animados, cuando un personaje o un objeto alcanza cierta rapidez en su movimiento, ya sea desplazándose enormes distancias o zarandeándose en un área mínima, se percibe que dicho personaje –o algunas de sus partes– se halla en diferentes posiciones simultáneamente. Como ejemplo de este principio podemos citar particularmente ciertas “peleas” entre personajes en las que se puede entrever la cabeza o el puño de uno de ellos en varios lugares al mismo tiempo, generalmente fuera de la “nube” del altercado. Otro principio físico de los dibujos animados señala que cualquier pelea entre dos o más contrincantes genera siempre una nube, adentro de la que –aparentemente– se producen los pasajes más violentos.

El efecto es habitual también entre los personajes que giran sobre sí mismos con enorme rapidez. Esta premisa alcanza su máxima expresión ante grandes velocidades; en esa situación, resulta “natural” que ciertos personajes extremen esta ley y directamente se “autorrepliquen”. Es interesante señalar los singulares métodos usados por estos personajes para adquirir esas enormes velocidades, ya que algunos de ellos implican otras

premisas, no incluidas en esta lista; por ejemplo, el personaje acelera rebotando en forma continua contra paredes y todo tipo de objetos sólidos hasta alcanzar la rapidez deseada.

5. **Todo lo que cae, lo hace más rápido que un yunque.**

Existe un objeto –el yunque– para el que la caída libre tiene propiedades singulares respecto del resto de los cuerpos. Si bien en el mundo de los dibujos animados es natural que los objetos más pesados caigan con mayor rapidez que los livianos, ni unos ni otros caerán más lentos que un yunque. Si un personaje (cualquiera sea su tamaño o su peso) cae junto a un yunque desde la misma altura, invariablemente descenderá más rápido. Un corolario de esta premisa es que, además, su trayectoria cambiará de tal modo que el yunque, cuando se aproxime al suelo, impactará sobre el personaje.

6. **Los cuerpos y personajes que son lanzados siguen trayectorias al azar.**

Cuando una persona en la Tierra lanza un objeto, una piedra por ejemplo, en dirección horizontal, esta describirá una trayectoria curva al caer; si se aumenta la velocidad de lanzamiento, la piedra caerá más lejos –con un “arco” más amplio– y, consecuentemente, la curvatura de su trayectoria será menos pronunciada. Como se sabe, la física permite entender que la componente vertical del movimiento de un proyectil como la piedra lanzada, es igual que el movimiento de caída libre –afectado sólo por la fuerza de gravedad– lo que provoca, en definitiva, que la trayectoria de tales objetos puedan ser (o se aproximen) a parábolas.

En cambio, cuando objetos y/o personajes de caricaturas son lanzados, pueden adoptar trayectorias muy diversas: lineales, zigzagueantes, curvas ascendentes, entre otras, pero no necesariamente una parábola, independientemente del ángulo en que fueron arrojados. Parece evidente que la acción gravitatoria no afecta sus trayectorias o, al menos, no de la forma esperada. La serie de caricaturas del correccaminos y el coyote es una de las más usadas en las aulas para ejemplificar particularísimos fenómenos físicos, como los que aquí mencionamos.

7. **La mayoría de los agujeros son móviles.**

Un agujero es una abertura en una superficie. La representación más usual de un agujero es con una forma más o menos redondeada. En particular, los agujeros en el suelo son imposibles de

transitar: un personaje que pasase sobre el agujero caería irremediabilmente en su interior por efecto de la fuerza de gravedad, que invariablemente actúa hacia adentro de ese agujero.

Esta situación no se modifica en los dibujos animados, pero sucede que los agujeros hechos en el piso pueden desplazarse a voluntad de un personaje y, en ocasiones, incluso espontáneamente, según la voluntad del mismo agujero. Lo interesante es que ese deslizamiento del agujero que puede seguir las curvaturas de cualquier superficie (por ejemplo adquirir la forma alabeada de una colina) o bien trepar todo tipo de cuerpos verticales. La situación extrema de esta propiedad de los agujeros es que algunos personajes pueden transportarlos (por ejemplo, acumulados en un bolso) para disponer de ellos cuando los necesiten.

Esta singular cualidad de los agujeros animados da cuenta de la extraordinaria posibilidad de las caricaturas para transportar los efectos gravitatorios a gusto del personaje o la circunstancia.

8. **La gravedad parece transmitirse por ciertas ondas, lentas y de gran amplitud.**

Existe un efecto gradual en algunos fenómenos gravitatorios. Mientras que en algunos casos, la fuerza de gravedad parece instantánea, incluso actuando con una rapidez mayor que la habitual, en otros se comporta en forma **diferenciada**, actuando de modo **discontinuo** sobre un cuerpo. Esta situación hace que se asocie su efecto al de una onda –bien podría llamarse “onda de caída gravitatoria”– que avanza sobre el cuerpo que afecta.

Un típico ejemplo es el personaje que cae en una rampa de gran desnivel (por ejemplo, un tobogán empinado). Sus pies empiezan a caer primero, mientras el cuerpo resiste; esto provoca que se estiren sus piernas en la dirección de caída que, invariablemente, sigue la inclinación de la rampa. A medida que la **onda de caída** afecta al torso, esa parte comienza a caer generando que sea el cuello del personaje el que se estire ahora por el plano inclinado. Finalmente, en cuanto su cabeza inicia la caída, la tensión sufrida por la onda se libera y el personaje readquiere sus proporciones normales en el momento en que abandona la rampa y golpea el suelo.



Enseñar Física. Un pacto con la ficción

3

Dibujos animados en el aula

En la actualidad, las estrategias para enseñar física han evolucionado bastante respecto de las utilizadas tan sólo algunas décadas atrás. En particular, es evidente que han influido en el ámbito de la legislación educativa y, por tanto, en los libros de texto, la herramienta más utilizada en el aula. En muchas clases, no obstante, suele gozar de cierta vigencia aquel **modelo transmisor** de conocimientos con el que muchos se han formado. Aunque resulta evidente que ese modelo no favorece la democratización de la ciencia, condición necesaria para una alfabetización científica posible, aún parece sobrevivir cierta reticencia a introducir nuevas propuestas. Uno de los resultados, lamentablemente, es que muchos estudiantes, en cuanto pueden, evitan estudiar física. Registramos que algunas de las mayores objeciones para introducir alguna innovación en el aula se sustentan en cierta falta de tiempo para desarrollar el programa de la materia y/o en el carácter propedéutico dado a la asignatura.

Aprovechamos aquí para llamar la atención sobre la **diversidad**, entendida no como la elaboración de diferentes materiales orientados a los distintos niveles de estudiantes, sino en el sentido de emplear metodologías disímiles para abarcar la mayor variedad de formas de aprender. Pensamos en una diversidad donde tengan cabida estrategias propuestas desde la investigación educativa; la mayoría de ellas, además de propiciar la adquisición de contenidos, suelen optimizar la motivación del alumnado por la materia. Algunos ejemplos de esas propuestas incluyen el uso de caricaturas, viñetas, series de televisión (Franco, 2009), películas de ciencia ficción (Vilchez y Perales, 2005; García Borrás, 2008) o historietas (Kakalios, 2006).

El fundamento consiste en que si un docente conoce algunas leyes de la ficción puede pensar que un análisis de dibujos animados junto con los estudiantes constituye un instrumento posible para promover argumentaciones relacionadas con las **leyes físicas** y que, de los argumentos obtenidos, resulta factible obtener pistas e información sobre cómo piensan sus estudiantes o acerca de qué camino sería el mejor para la enseñanza de ciertos conceptos.

Si el docente plantea a la clase una exploración y análisis de caricaturas y además ampliase los recursos con imágenes de películas, documentales, historietas, etcétera, dispondría de un valioso material que le permitiría enfocar algunos temas de su materia de modo más atractivo, sin perder rigor académico ni pedagógico. A la vez, fomentaría en los estudiantes el hábito de analizar la información que reciben en su vida cotidiana, cualquiera sea su formato.

En diversos estudios sobre el potencial uso de dibujos animados para la enseñanza de la física (Vilchez y Perales, 2009 y 2005; De Pro, 2009), los investigadores ofrecen algunas propuestas de actividades, ensayadas con estudiantes de escuelas secundarias, que pueden ser adaptadas a muchas de nuestras aulas.

Caricaturas para la identificación de ideas previas

El objetivo de esta actividad es que los alumnos identifiquen fenómenos en los que no se cumplen las leyes de la física. Para ello el docente seleccionará un capítulo de una serie animada en el que resulten evidentes las “leyes de la ficción” para ver junto con los alumnos. Es importante haber analizado previamente el capítulo con el fin de identificar las leyes físicas ausentes y poder describir lo que debería haber ocurrido en el “mundo real”. Para ello se pueden recoger los datos en una tabla como la siguiente

Título de la caricatura:			
Tiempo	Ficción	Realidad	Reflexión
Identificación del momento en el que se observa el fenómeno. (Es recomendable, si se proporciona un video o DVD, incluir un contador de tiempo visible.)	Descripción del fenómeno observado en la caricatura.	Descripción de cómo ocurre en la naturaleza.	Identificación de las leyes de ficción presentes, y las leyes físicas omitidas y presentes.

Ya en el aula, el docente puede realizar la actividad de diversas maneras, que dependen de sus posibilidades tecnológicas. Algunas alternativas son las siguientes:

- Si todos los alumnos tienen computadora, el docente puede cargar un video en cada una para que lo vean individualmente.
- Si se cuenta con sala de computación, la visualización puede ser individual o en pequeños grupos, según la cantidad de máquinas disponibles.
- Si se cuenta con un proyector de video, la visualización será conjunta para toda la clase.

Los estudiantes observarán la secuencia de dibujos animados con una tabla similar a la que uso el docente previamente con el propósito de analizar la caricatura con los mismos criterios. Luego, con la tabla ya completa, todos volverán a observar el dibujo animado. El objetivo de esta segunda visualización es que los alumnos señalen los fenómenos identificados. En cada ocasión, el docente detendrá la proyección para que los alumnos comenten lo que incluyeron en la tabla y debatan si hay diferencias. Debe tenerse en cuenta que la finalidad de esta actividad es identificar las ideas previas que tienen los chicos, no es cuestionar las ideas erróneas. Terminada la sesión, el docente recoge las tablas, que seguramente constituirán un material valioso para conocer cómo explican los fenómenos físicos discutidos.

Caricaturas para el enunciado y la resolución de problemas

Una estrategia para la enseñanza de la física es a través de la indagación de **situaciones problemáticas**. Para ello, al finalizar una unidad didáctica (o conjunto de ellas), se puede plantear el análisis de algunas secuencias de dibujos animados, previamente seleccionadas por el docente por su vinculación con los contenidos desarrollados en la clase. Esta es una de las tendencias más defendidas de la didáctica de las ciencias (Gil Pérez, 1994). Un posible esquema de trabajo sería:

- Todos los estudiantes observan la secuencia de dibujos animados escogida, sin interrupciones, y anotan en sus cuadernos los fenómenos que despierten su interés (por ejemplo, porque cumplen con las leyes de la ficción o con las de la física).
- En una segunda visualización, se puede dividir la clase en varios grupos de discusión, cada uno con un portavoz encargado de comunicar luego las conclusiones a las que llegaron. De esta manera, los alumnos pueden detener la proyección cuando alguno desee comentar algún fenómeno en particular, a la vez que participan en la adquisición de habilidades relacionadas con la competencia social y ciudadana.
- Por último, se promueve la discusión entre todos los alumnos acerca de algunos fenómenos identificados, hasta llegar a cierto consenso sobre cómo ocurren en la realidad. Se busca que los estudiantes pongan de manifiesto las leyes físicas utilizadas en las argumentaciones anteriores.

Muchos estudiantes están habituados a que todo esto se les proporcione, a pensar sólo en la resolución del problema, nunca en su elaboración. Por ello aquí sugerimos que el docente proponga una consigna para que los alumnos construyan el enunciado y den la resolución de un problema surgido de las caricaturas escogidas.

El resultado le debería permitir al docente cerciorarse sobre los acuerdos alcanzados en la fase anterior, eligiendo las **variables** relevantes y asignándoles **valores**. Es posible, además, que para asignar valores a algunas variables los estudiantes deban ejercitar cierto **cálculo de estimaciones**, una estrategia muy poco frecuente pero de alto valor educativo que aquí puede ponerse en práctica. En ocasiones, las variables son magnitudes que pueden medirse en clase con el apoyo de la proyección (por ejemplo, tiempos y longitudes), algo que el docente puede aprovechar para trabajar algunos aspectos de la metodología científica: el cálculo de errores y transformaciones de escala (por ejemplo, midiendo en pantalla un objeto del que se conoce la longitud en la realidad). Así, el docente favorece un debate sobre los resultados obtenidos, para verificar las posturas respecto del fenómeno analizado.

Algunas indicaciones generales para tener en cuenta

- Utilizar capítulos y/o fragmentos de caricaturas breves, de pocos minutos de duración.
- Seleccionar caricaturas de diferentes épocas, no sólo antiguas o modernas.
- Permitir la repetición de las caricaturas cuando sea imprescindible.
- Centrarse en una sola clase de fenómenos físicos: magnéticos, mecánicos, ópticos, entre otros. En este texto, por ejemplo, estamos focalizando sobre fenómenos gravitatorios. La elección de la caricatura y el punto de vista que oriente el análisis hace posible el uso de este tipo de experiencias en cualquier asignatura, fomentando en todos los casos el espíritu crítico de los adolescentes, sin descuidar en ningún momento los contenidos propios de la disciplina (Vilchez y Perales, 2009).
- Acompañar el disfrute de los estudiantes ante la secuencia escogida.

Caricaturas para la evaluación

El análisis de dibujos animados también puede utilizarse para la evaluación de los estudiantes en dos niveles (Vilchez y Perales, 2009):

1. **Evaluación de contenidos:** se selecciona una secuencia de caricaturas adecuada a los temas tratados y se procede como en el apartado anterior, pero esta vez a título individual y por escrito. En esta ocasión se les debería dar a los estudiantes la oportunidad de ver la secuencia tantas veces como lo requieran y/o necesiten. El material que se genera en esta parte de la clase le proporcionará al docente una idea clara, no sólo de cómo manejan los conocimientos implicados en los fenómenos identificados, sino también del grado de adquisición de destrezas para utilizar en situaciones concretas.
2. **Evolución del alumnado:** Para evaluar la evolución de cada estudiante, al finalizar el curso se le puede proporcionar la misma caricatura y la misma tabla que se utilizó para la identificación de ideas previas. Una comparación de los análisis inicial y final pondrá de manifiesto la evolución en el modo de actuar del estudiante a la hora de enfrentar situaciones problemáticas.

De las investigaciones publicadas en revistas de didáctica y a partir de los testimonios recogidos entre los propios alumnos, sus docentes y, en algunos casos, sus padres, podemos señalar que este tipo de experiencias áulicas favorece en los estudiantes la apropiación del hábito de analizar los mensajes que reciben en su vida cotidiana, principalmente televisivos y de carácter científico.

En otras palabras, con estrategias como las señaladas se estimula el **desarrollo del pensamiento crítico** de los estudiantes, ya que adquieren la práctica de cuestionar la veracidad de la información que reciben de los medios –**alfabetización mediática**– desde una perspectiva científica, cuando la situación lo requiere –**alfabetización científica**–, sin que ello implique la pérdida del placer por el momento lúdico compartido.

Para profundizar en el tema y acceder a varios videos con dibujos animados para trabajar en el aula, puede visitarse la página del portal **Educ.ar** del Ministerio de Educación de la Nación,⁵ donde Carina Maguregui desarrolla propuestas semejantes a la expuesta aquí.

5. <http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD21/cm/fisicadibujooanimado.html>.

La levedad didáctica (o la enseñanza del error)

En algunas clases de Física es común hallar propuestas que invitan a los alumnos a trabajar desde el error. En nuestro caso, detectar el yerro cometido por un personaje de los dibujos animados, o el error que aparentemente se advierte en el fenómeno natural mostrado en la secuencia animada. Esto también sucede con filmes y/o videos de ciencia ficción.

Subyace aquí la intención de que detectar secuencias que no se adapten al mundo real (por ello consideradas *erradas*) por una parte advertiría y desnudaría una aparente ignorancia de los guionistas y/o directores; sin embargo, resultaría un paso necesario para incorporar cierto conocimiento del mundo natural (en particular, si se trata de la enseñanza de Física, hablando de sus leyes). Resulta una estrategia ligera y de dudoso impacto educativo.

Sobre el error

Creemos que es preciso evitar la confusión entre dos conceptos: aprendizaje por el error y aprendizaje por ensayo y error, cuyo significado es generalmente peyorativo. En la medida en que el conocimiento previo es el factor determinante del aprendizaje significativo, automáticamente deja de ser el proceso errático que caracteriza el aprendizaje por ensayo y error. Errar es propio de la naturaleza humana y el ser humano aprende corrigiendo sus propios errores. Ahora bien, es un error pensar que la certeza existe, que la verdad es absoluta, que el conocimiento es permanente.

El conocimiento humano es limitado y está construido a través de la superación del error. Con esta perspectiva, el llamado “método científico”, por ejemplo, bien puede considerarse como la corrección sistemática del error (basta con prestar atención, a la historia de la ciencia). Sabemos cosas, pero mucho de lo que sabemos está errado y lo que lo sustituirá podrá también estar errado. Aun aquello que es cierto y parece no necesitar corrección es limitado en su aplicabilidad. Por tal razón creemos importante también evitar dar a los jóvenes la idea de que el conocimiento que es correcto o definitivo es el conocimiento que tenemos hoy del mundo real, cuando, en realidad, es provisional, es decir, errado (Moreira, 2005).

Intentamos señalar que una caricatura con secuencias, por ejemplo, en las que se trate la gravedad de acuerdo con las leyes ficticias enunciadas, resultaría útil en la enseñanza en la medida que, detectadas las diferencias entre los sucesos del mundo animado y del mundo real, se analicen ambos en su contexto, con sus objetivos, sin graduación de errores o aciertos, sino en términos de visiones particulares con objetivos diferentes.

La caricatura pretende entretener, divertir, y tal vez sus guionistas hayan buscado hacer *ex profeso* (por ejemplo, desde el absurdo) la simulación lúdica de una gravedad como la que describen las leyes de ficción presentadas antes.

La ciencia (en este caso, física) permite construir una serie de explicaciones y modelos de los fenómenos que, si bien pueden resultar más convincentes, no constituyen un conocimiento acabado, una verdad absoluta, un saber exento de errores.

Si para el aprendizaje de cierto contenido científico se trabajase desde el descrédito de la secuencia de dibujos animados, se contribuiría a construir un falso divorcio entre la ficción y la ciencia, puesto que ambas comparten especulación y sentido de la maravilla. Como hemos mencionado, ficción y ciencia no son –o no deberían ser– mundos incompatibles; no vale recurrir a la sentencia trivial de que cualquier secuencia (por ejemplo, en una película o un cuento) con un contenido científico veraz se torna **aburrida**.

Desterrar el error como recurso didáctico y apuntar a examinar las posibilidades avanzadas de la imaginación de los guionistas y escritores de ficción, a través de caricaturas o cualquier otro género expresivo, contrastándolas con aquellas que se han convertido en realidad o lo serán pronto, es mucho más que un mero ejercicio intelectual, o una actividad exclusiva para incorporar conceptos científicos (Moreira, 2005).

Las superleyes

Otro género de ficción de alto impacto son las narraciones gráficas o **historietas** tal como son conocidas en nuestro medio. La denominación en inglés *comic* o *comic book* es muy utilizada también en Argentina. Se trata de una expresión artística instalada en nuestra cultura y que, a diferencia de la narrativa o la poesía, suele definirse como un

género de mensaje **compuesto**, conformado por dibujos y palabras. Algunos historiadores sitúan el comienzo del género de historietas en 1829 con la aparición del texto *Voyages et aventures du Docteur Festus*, del escritor suizo R. Töpffer. En las historietas los textos verbales adquieren la función de completar el significado de la imagen: esta no se entiende íntegramente sin las palabras.

Tradicionalmente las historietas se han presentado con soporte gráfico, aunque con el advenimiento de las nuevas tecnologías hoy se presentan también en formato digital, por ejemplo e-comics, el web-comics y similares.

Entre sus rasgos distintivos y más reconocibles, la historieta utiliza **globos** en los que aparece el texto narrativo que mayoritariamente corresponde al diálogo o a las expresiones de cada uno de los personajes; estos, en el diseño clásico y más difundido, se hallan contenidos en un espacio determinado del dibujo, llamado **viñeta**.

Es interesante cómo un grupo de estudiantes santafesinos describe la lectura de una historieta:

Leer con acierto una historieta bien construida implica un esfuerzo inteligente, porque hay que comprender todos los signos convencionales que componen cada viñeta, relacionarlos entre sí, y luego establecer la conexión entre estas para integrar la secuencia narrativa que contiene la historieta.

Se trata de estudiantes y profesores de la Escuela Normal Superior N° 41 “José de San Martín” de San Jorge, provincia de Santa Fe (historietas_nacionales@yahoo.com.ar). Ellos definen el objetivo de su trabajo de la siguiente manera: “La realización de esta página fue para poder expresar nuestra pasión sobre nuestras historietas, compartirla o ‘contagiarla’ con los usuarios, y lograr una valoración de éstas, como un verdadero e importante producto cultural, que ayudan a definirnos como sociedad.”

En las historietas, la narración es rápida, los acontecimientos se suceden con celeridad. Las descripciones se hacen a través de la imagen y se complementan con los textos laterales, que son otros de sus rasgos característicos.

En términos narrativos, merece destacarse que en los parlamentos de los personajes de las historietas se reproduce el lenguaje **coloquial**: titubeos, alargamientos de palabras, frases interrumpidas, frases cortas, exclamaciones, interrogaciones, expresiones popula-

res, reproducción de sonidos, ruidos, golpes y, además, sustitución de palabras por signos.

Por otra parte, en los textos –además del **humor** que define directamente a varios subgéneros de historietas– es posible identificar imágenes, comparaciones, situaciones contradictorias, metáforas, ironías, hipérboles, entre otras construcciones del lenguaje.

Para quien desee conocer otras reflexiones sobre las historietas, recomendamos visitar la página del portal Educ.ar del Ministerio de Educación de la Nación⁶ en la que Cecilia Maugeri propone, a modo de propuesta para el aula del área de Lengua, un debate entorno al tema “La historieta, material de lectura integradora”.

Creemos de interés tener en cuenta algunas consideraciones en torno a la introducción de historietas en el aula como estrategia de enseñanza (De Pro, 2009):

- Las tiras y viñetas de las historietas no están pensadas para transmitir ciencia (ni conceptos ni procedimientos ni actitudes). Resulta interesante utilizarlas para que, abran nuevas posibilidades a la hora de leerlas; si se pretende que el alumnado “deje de leer historietas”, por la razón que sea, es mejor no usarlas.
- Como recurso didáctico, aportan una información textual (normalmente afirmaciones o diálogos de los personajes) y un componente icónico (dibujos, ilustraciones o representaciones). Desde la perspectiva del procesamiento de la información, ambos “mensajes” se superponen en el lector (aunque aún no se ha estudiado lo suficiente para conocer cuál predomina, cómo relaciona el lector esa información con lo que sabe, cuál es la credibilidad del suceso, etcétera).
- Se insertarán en una actividad de enseñanza que llevará implícitos contenidos **procedimentales** relacionados con las destrezas **comunicativas**. En tal sentido, se puede diferenciar: la identificación de ideas, el significado de términos, la interpretación de expresiones o afirmaciones, la inferencia a partir de la información facilitada, la creación de otras viñetas de elaboración propia, en relación con el texto y con las ilustraciones. En otras palabras, las historietas como recurso pueden usarse para aprender diferentes tipos de contenidos.

6. <http://portal.educ.ar/debates/eid/lengua/debate/propuesta-para-el-aula-la-hist.php>.

- Pueden emplearse con diferentes finalidades didácticas: para **motivar** o **iniciar** el estudio de un tema, para que el alumnado explicite sus ideas, para que las aplique en la resolución de problemas o en la discusión de situaciones. Es posible que la utilización de historietas resulte más limitada para construir aprendizajes –en términos constructivistas– porque no están pensadas para ello; pero pueden servir para que el estudiante haga un uso inmediato de una información que se le haya facilitado.

En definitiva, si se usan historietas (como cualquier otro recurso de enseñanza) el docente debería tener clara la intención educativa de las mismas, el papel que van a jugar en la secuencia de enseñanza, los contenidos que se pondrán en juego y la forma de trabajarlos, entre otros rasgos didácticos. No se trata de incorporar una **picardía** en el aula; es preciso reflexionar sobre cómo se puede hacer y, una vez compartida la actividad con los estudiantes, valorar su auténtica utilidad formativa.

Por último, existen diversas historietas para la enseñanza de las ciencias y, en particular, para la enseñanza de la Física (García, 2002 y De Pro, 2009) con fines educativos en general (Gallego Torres, 2011 y Carrascosa, 2006). Además, están las enfocadas en **historias de superhéroes** (Gresh y Weinberg, 2002 y Kakalios, 2006) de las que nos ocuparemos en este texto.

El género **superheroico** vive hoy tiempos de auge con la aparición de nuevos personajes (Hancock), que pasan rápidamente del cómic al cine y viceversa. Sin embargo, en las aventuras extraordinarias de los ya consolidados, los fenómenos gravitatorios, claves a la hora de recrear entornos extraterrestres creíbles o los ya habituales viajes espaciales, siguen siendo un corpus conceptual muy maltratado (Moreno y José, 2009). En la época de los efectos especiales, cuando casi cualquier cosa que un guionista imagine puede plasmarse en imágenes, ese maltrato de la gravedad es inadmisiblemente.

Con cierta predisposición estudiantil garantizada, esa tarea sólo requiere por parte del docente ganas y motivación para conducir a sus alumnos por las sendas de la especulación y del sentido de la maravilla, a través del conocimiento científico.

Por su gran poder de atracción y por la clase de conocimiento que poseen los estudiantes sobre ambos temas –superhéroes y gravedad– estos dos elementos son propicios para un abordaje conjunto,



Il Siegel y Shuster, creadores de Superman.

de modo de ejemplificar un tipo particular de propuesta de aula basada en la ficción. Casi no hay cartelera cinematográfica o quiosco de diarios donde no asome algún superhéroe o algún viaje espacial. No pocos estudiantes (¡y docentes!) son seguidores (incluso, fanáticos) de algún superhéroe. Por otra parte, la noción de peso, las reflexiones sobre la flotación y/o el vuelo, entre otras ideas sobre el mundo inanimado, son algunas de las primeras anclas del pensamiento de un individuo, en su navegación por el mundo de los fenómenos físicos.

Superleyes, superpoderes y superhéroes

En la misma década en que comenzaban a esbozarse las leyes de las caricaturas, dos jóvenes de la ciudad de Cleveland (Ohio, Estados Unidos) inauguraban un nuevo género de ficción, con la aparición en el mundillo de los *comic books*, en 1938, de uno de los personajes más espectaculares del género: Superman. Los “muchachos” que crearon este personaje fueron el estadounidense Siegel (guionista) y el canadiense Shuster (dibujante), quienes lo pergeñaron cuando ambos tenían 19 años, en 1933. Cinco años más tarde, y luego de algunos ajustes trascendentes en sus rasgos –pasaría de ser un villano a convertirse en un personaje defensor de la justicia–, Superman alcanzaría la fama.⁷

Tanto la imagen de Superman como la de su alter ego fueron generadas a partir de personajes reales de la farándula de la época. Superman tuvo la fisonomía y el rostro del actor Douglas Fairbanks, guionista y director del cine mudo (socio de Charles Chaplin), mientras que el papel de Clark Kent lo desempeñó H. Lloyd, célebre actor de comedias cinematográficas. Los primeros atributos sobrehumanos o superhumanos del personaje provinieron de sencillos razonamientos científicos de sus creadores. En rigor, la superhumanidad de Superman es un eufemismo, ya que se trata de un ser **no humano** que incluso nació en otro mundo –Krypton– tal como comentaremos más adelante.

A partir de su aparición y de la abrumadora fama que adquirieron las aventuras de Superman, en la industria editorial de las historietas

7. A quien le interese conocer su derrotero puede visitar <http://www.superman-homepage.com>.

estadounidenses florecieron inmediatamente nuevos superseres, con diversas y peculiares capacidades y habilidades, todas superadoras de las humanas. Debido a sus proezas, estos **superpersonajes** comenzarían a identificarse también como superhéroes, una palabra registrada en Estados Unidos y que legalmente sólo puede aplicarse a los seres de poderes extraordinarios generados en ciertas editoriales de ese país.

El surgimiento sistemático de superhéroes continúa hasta el presente, lo que produjo que la lista iniciada con Superman cuente hoy con varios centenares de miembros, no sólo en Estados Unidos, sino en gran parte del mundo; algunos superhéroes siguen en actividad, otros, en cambio, fueron olvidados y están fuera de las historietas.

Desde la aparición del género hasta la actualidad, una ajustada reseña sobre la tipología y diversidad de superpoderes de esos personajes muestra superhabilidades basadas en interacciones energéticas, propiedades extraordinarias de su cuerpo, habilidades mentales, percepción extra-sensorial, dominación mental del otro, control de la realidad, manipulación del clima, manipulación de energía, habilidad para transportación y/o desplazamiento y basadas también en la posibilidad de cambiar de forma a voluntad.

Los principales recursos superheroicos pueden resumirse así:

- **Naturaleza no humana:** El personaje pertenece a una clase de seres total o parcialmente no humanos, quienes invariablemente tienen una o varias capacidades extraordinarias, esto es: superan las de cualquier ser humano. Esto incluye, pero no se limita, a personajes extraterrestres, demonios, dioses, híbridos, entre otros.
- **Efecto talismán:** Sus habilidades extraordinarias se basan en el uso de ciertos objetos y/o artefactos que otorgan poderes; esos objetos pueden tener diferentes formas: armaduras, joyas, armas y naves, entre muchas otras.
- **Consecuencia evolutiva:** Son seres que sufrieron extrañas mutaciones que les confirieron superpoderes; estos son resultado directo de algún tipo de evolución (ya sea inducida o natural) y por lo general se manifiestan durante la pubertad del personaje.

Algunos de los métodos usados por los superhéroes:

- **Capacidad extraordinaria para aprovechar su vitalidad:** En general, cuando se trata de seres humanos, se entrenan hasta obtener

capacidades asombrosas; aprovechan al máximo su “energía vital”, un máximo prácticamente sobrehumano. Así, adquieren fuerza descomunal, velocidad abrumadora y reflejos ultrarrápidos. También hay quienes se sirven de su energía vital excepcional para desarrollar sólo una mente súper-humana, generar explosiones de energía (tanto física como psíquica) o ser invulnerables.

- **Manipulación de facultades mágicas y/o sobrenaturales:** Son individuos (algunos humanos, otros directamente espíritus) con habilidad de utilizar fuerzas mágicas en distintos grados; a menudo se usan para simular otros poderes (por ejemplo, el control mental y ataques psíquicos). No todos los poderes mágicos del mundo de los superhéroes son sobrenaturales, sino que se basan en disciplinas alternativas o futuristas. Entre ellos aparecen los superhéroes “telequinéticos”, seres que pueden manipular y controlar objetos con la mente (telequinesia) de modo imperceptible para un ser humano. Dos ejemplos de estas habilidades:
 1. El superhéroe Moon Knight posee fuerza, resistencia y reflejos que se incrementan de acuerdo con las fases de la Luna;
 2. Los poderes del superhéroe Tío Sam crecen en proporción a la creencia del pueblo en los ideales de Estados Unidos.
- **Capacidad para controlar la tecnología:** Se manifiesta como una forma especial de energía (muchas veces identificada como energía eléctrica) que les permite cierto tipo de interacción física — íntima— con todo tipo de máquinas y artefactos; incluso algunos han desarrollado tal habilidad psíquica que generan una interfase mental con las computadoras y así las accionan, modifican y dominan.
- **Control de fuentes energéticas:** Seres que utilizan cualquier tipo de energía (eléctrica, magnética, nuclear, entre otras) que puede provenir de toda clase de fuentes; se caracterizan también por almacenar enormes cantidades de energía y convertirla, a voluntad, de un tipo en otro.

Muchos de los poderes de los superhéroes de las historietas evolucionaron en forma similar a los modelos explicativos de la realidad, científicos o no, correspondientes a la época en que surgieron los personajes.

Sobre los modelos

En su sentido más general, la palabra *modelo* indica un **prototipo** que contiene los rasgos distintivos de un objeto o fenómeno que deseamos entender. Cuando decimos “el aluminio” no hablamos de este o aquel pedazo de metal, hablamos del prototipo, de aquello que es propiedad general del aluminio, independientemente de sus particularidades. Hablamos, prácticamente, del **arquetipo**, del aluminio de todos los aluminios. Esta función de prototipo es común a todos los usos de la palabra modelo. Así, mientras que en el arte el modelo es el objeto para ser copiado, en la ciencia, a la inversa, el modelo es la copia del objeto. Es decir, en la ciencia el modelo es una simulación, una metáfora que nos ayuda a entender esa parte del mundo que motiva nuestra curiosidad (Díaz Gómez, 1997).

El modelo es, con toda precisión, un *juguete* que el investigador usa de manera análoga al niño que manipula un cochecito. Es por medio de la manipulación que el niño y el científico adquieren información y comprensión del objeto real y sus propiedades. Sucede entonces que el juego y el modelo son un campo dinámico de representación, un *teatro del mundo*. Y, como el niño en sus momentos más creativos, el investigador debe producir su juguete y este, si es una representación adecuada, tendrá un valor general medido en conocimiento.

En el presente la literatura cuenta con tal variedad de habilidades superhumanas que es posible hallar un superhéroe adecuado para cada campo de saberes que se quiera analizar; hay diversos personajes para el mismo concepto y diferentes conceptos que confluyen en el mismo personaje. Puede hallarse un compendio de superhéroes, cada uno de ellos descrito con sus poderes y su relación con la realidad física, en el libro de Bombara y Valenzuela (2013). En ese sentido, creemos relevante citar un párrafo de Kakalios, para el uso del recurso en el aula (Kakalios, 2006):

Naturalmente, casi sin omisión, el uso de superpoderes en sí mismo implica violaciones directas de las leyes conocidas de la Física, requiriendo que se ponga en suspenso la actitud crítica de forma deliberada y voluntaria. No obstante, muchas historietas de superhéroes necesitan solamente una

única **excepción milagrosa** –algo que se tiene que aceptar como cierto para hacer plausible al personaje– para que el resto de lo que sigue, como la lucha entre el héroe y el villano, sea consistente con los principios de la ciencia. Aunque el interés de estas historias ha estado principalmente en el entretenimiento, si al mismo tiempo el lector es educado también –ya sea accidental o deliberadamente–, eso es un beneficio extra.

El concepto de “excepción milagrosa” que Kakalios aplica al mundo de los superhéroes, de alguna manera resulta equivalente a las leyes de ficción de las caricaturas. Mientras que en los dibujos animados esas premisas gobiernan todo el mundo animado (fenómenos, objetos, seres vivos, entre otros), el mundo de los superhéroes se desarrolla en una realidad semejante a la del lector, es decir, en un mundo regido por las leyes físicas, aunque con una anomalía (única y extraordinaria) puesta de manifiesto en cuanto da sentido y le ocurre al superhéroe protagonista. No obstante, eventualmente, puede suceder que algunas narraciones sucedan en otras épocas (del pasado o del futuro).

Si en ese mundo hay más de un superhéroe, la anomalía se extiende a todos ellos, en cada uno de modo diferente, en desmedro del resto del universo, que sufre el rigor de la física normal. Por último, para sostener un conflicto digno del género, también algunos antagonistas –reconocidos como supervillanos– gozan de algún tipo de excepción milagrosa diferente.

Para leer a Superman

En 1972 se editó un texto inquietante titulado *Para leer al pato Donald*, del chileno Ariel Dorfman y el belga Armand Mattelart, en el que, entre otras lecturas posibles, los autores demostraron que nada escapa a las ideologías, echando mano a los personajes de Disney para construir un auténtico manual de descolonización. Análogamente, una lectura sociopolítica de diversas historias de superhéroes puede arrojar también resultados sorprendentes ante el análisis de algunas situaciones, si las comparamos con las propias de nuestra sociedad y nuestra forma de vida en el presente.

No será este el lugar donde profundicemos el tema. Sugerimos al docente favorecer un espacio de la clase para conversar con los



|| Portada en la que Superman aparece por primera vez. *Action Comics*, N° 1, DC Comics, junio de 1938.



|| Placa inicial de los primeros dibujos animados de Superman (1941).

estudiantes sobre las posibilidades que brindan ese tipo de lecturas, con un enfoque sociocultural más amplio, tanto para el mundo superheróico como para el mundo científico. Al respecto, citamos un párrafo de Dorfman y Mattelart (1972) que nos resulta significativo:

Toda labor verdaderamente crítica significa tanto un análisis de la realidad como una autocrítica del modo en que se piensa comunicar sus resultados. El problema no es mayor o menor complejidad, más o menos enrevesado, sino una actitud que incluye a la misma ciencia como uno de los términos analizados.

Asimismo, a fines del siglo XX y comienzos del XXI han surgido diversos textos que imponen una mirada crítica a productos de comunicación masiva (caricaturas, historietas, películas, entre otros) en términos del contenido científico que revelan y/o divulgan.

En esa dirección, el género de relatos con/de superhéroes también aporta elementos para un análisis crítico de los contenidos socioculturales que encierran y promueven esos relatos. Por ejemplo, cuando Superman comenzó a protagonizar una serie de programas de radio, sus aventuras consistían en combates contra científicos locos, armas atómicas y amenazas sobrenaturales, a diferencia de los maleantes comunes con que se enfrentaba en las primeras historias gráficas.

Luego, en 1946, hubo un nuevo cambio y aparecieron historias con mensajes sociales: ahora Superman luchaba contra la intolerancia racial y religiosa, llegando incluso a crear preocupación en el Ku Klux Klan. Después vinieron relatos que se ocuparon de la delincuencia juvenil y del ausentismo en las escuelas, hasta generar historias netamente moralistas que buscaron instalar que Superman había iniciado una batalla por la verdad, la justicia y el modo de vida americano. En esta línea también vale profundizar en otros textos que asumen esa mirada crítica, para recrear estrategias de enseñanza que permitan construir prácticas singulares para las clases de ciencias.

Los jóvenes captan que en las caricaturas con superhéroes no se cumplen las leyes de la ficción que mostramos antes, excepto para el superser de turno. El resto de los personajes refleja la realidad, al menos en parte; una segunda excepción puede ser, eventualmente, un antagonista, también superdotado.

Así, no resulta incómodo el incumplimiento de esas leyes. Forma parte del pacto que esos géneros establecen con los espectadores,

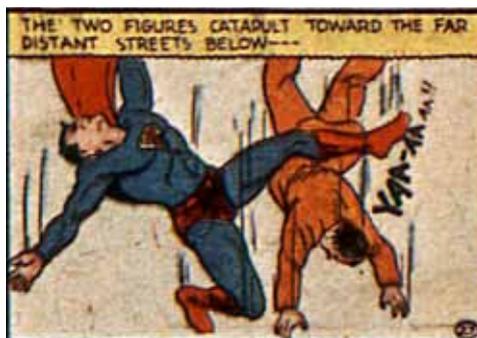
poniendo entre paréntesis las leyes físicas para ciertos personajes o en ciertas circunstancias, aunque la física esté presente en todos y todo lo demás. En particular, el cine es el arte que más ha acercado los superhéroes a nuestra sociedad. Las películas recrean, mediante efectos especiales, las posibilidades que brindan los diferentes superpoderes representados.

En Argentina quizás nuestros jóvenes, no se entusiasmen con las historietas ni con los superhéroes, pese a que conocen a esos personajes prodigiosos por el cine y la televisión.⁸

Podríamos, tal vez, haber planteado un trabajo directamente con fragmentos de películas, pero preferimos hacerlo con las fuentes de casi todas ellas: las historias gráficas de superhéroes. Lo hicimos porque las secuencias donde se manifiesta un superpoder, observadas en las pantallas del cine, deslumbran y seducen por su espectacularidad pero las mismas secuencias como un cuadro inmóvil –así se aprecian en las páginas de los *comics*– habilitan un tiempo de contemplación y reflexión que, ante la pantalla, no es tan sencillo de obtener ni de generar. El lector docente podrá optar, entonces, por desarrollar una estrategia de aula basada en los superpoderes de algún personaje, ya sea con segmentos de películas de superhéroes, con historietas de base solamente, o con una combinación de ambos géneros. El sentido del análisis que proponemos es semejante en cualquier caso. El docente también puede interesarse en explotar la interesante veta que implica desmenuzar la tecnología involucrada en la generación de cualquier efecto especial del cine de ficción.

8. En particular, para conocer algo más de la relación entre Argentina y Superman, ver el Apéndice 1.

Superman



II Mostramos aquí una secuencia de viñetas de las tantas que daban cuenta de la extraordinaria capacidad de salto de Superman. Resulta evidente que entonces no volaba. Aquí, Superman salta sujetando a un hampón, quien intenta acuchillarlo pero sólo provoca que el superhéroe haga una mala maniobra.

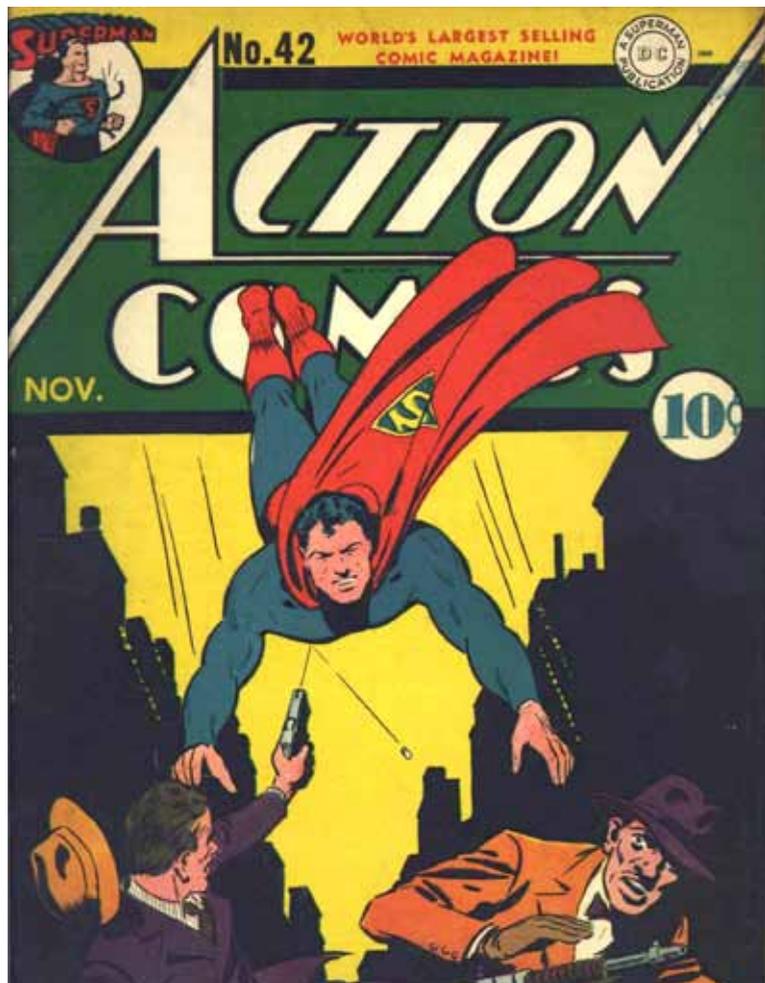
Fuente: J. Siegel y J. Shuster, en *Action Comics*, N° 13, DC Comics, junio de 1939, p. 6.

La consideración de Superman en esta aplicación no se origina en el hecho de que sea el primero de los superhéroes, sino en su relevante vínculo con algunos fenómenos físicos; en particular, su capacidad para vencer los efectos de la fuerza de gravedad, tanto en la Tierra cuanto fuera de ella.

Probablemente los jóvenes con quienes trabaje un docente de la educación secundaria consideren natural la habilidad de Superman para volar, ya que se trata de uno de sus rasgos sobrehumanos más superlativos y obvios. Sin embargo, tal habilidad no formó parte del

personaje de Siegel y Shuster hasta algunos años después de su primera aparición.

Superman comenzó a volar cuando, debido a la enorme popularidad que adquirió entre los lectores de historietas, se decidió que sus aventuras llegaran al cine en forma de caricaturas. El responsable del primer Superman animado fue el director Fleischer de los estudios Paramount, en 1941.



Il Portada de 1942, en la que ya se hace evidente la capacidad de volar de Superman.

Fuente: J. Siegel y J. Shuster, portada de *Action Comics*, N° 42, DC Comics, noviembre de 1942.

En un comienzo, aunque no volaba, Superman era capaz de dar grandes saltos y alcanzar alturas colosales, además de desplazarse a través de enormes distancias con rapidez sobrehumana. Cuando esta característica saltarina se llevó a la animación para el cine, los resultados no convencieron a los guionistas y productores, quienes consideraron que los continuos rebotes de Superman acabarían molestando al espectador y harían perder encanto al personaje. Con tanto brinco, pensar que Superman se parecería más a una especie de hombre-canguro que a la imagen de superhombre que buscaban. Muchos años más tarde, un rasgo saltarín semejante no les importó a los guionistas ni a los productores para plasmar las andanzas de *El increíble Hulk* tanto para el cine como para los dibujos animados.

Ante ese dilema, le dieron a Superman la capacidad de volar y se la adjudicaron a las mismas causas que el resto de sus superpoderes. Sin advertirlo, con esa decisión hicieron que Superman cruzara la línea que separa a los personajes de ciencia ficción de los personajes fantásticos, ya que su vuelo alejó irremediabilmente la posibilidad de interpretar lógicamente (desde la ficción) sus habilidades superhumanas. Por eso, tomando al personaje tal como se presentó en la primera época, es posible hallar una vinculación entre sus superpoderes y algunos fenómenos asociados a las leyes de la física (en particular, a la acción de la gravedad).

Recordemos entonces, brevemente, el origen de Superman, según sus creadores:

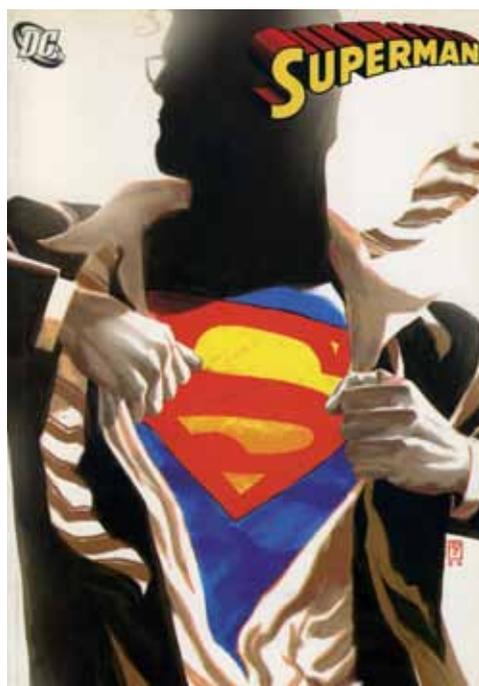
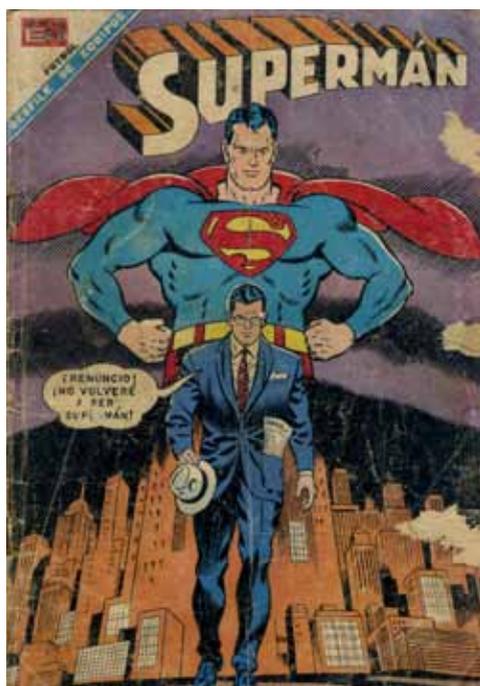
Superman es una persona que en realidad se llama Kal-El. Su superseudónimo fue producto de la inventiva de algunos periodistas de la ciudad de Metrópolis que, desconociendo la verdadera biografía del héroe, comenzaron a denominarlo de ese modo para poder nombrarlo al relatar sus increíbles proezas sobrehumanas, particularmente en las columnas de un periódico conocido como el Daily Planet. Incluso luego que se conoce su origen extraterrestre y se revela su verdadero nombre, se lo sigue llamando Superman.

Kal-El no es humano, aunque pertenece a un tipo de seres humanoides (por su gran parecido con nosotros) identificados como kriptonianos, debido al nombre de su planeta de origen: un lejano mundo llamado Krypton. Aunque su condición de alienígena se estableció desde el comienzo de la tira, el nombre de su planeta de origen recién apareció en 1939, cuando Superman comienza a ser publicado en los diarios. Si bien Krypton es un mundo lejano, se explicita que se halla en la misma galaxia donde está

la Tierra. Por otra parte, se instala la idea de que “humano” y “terráqueo” pueden ser sinónimos.

En el presente de todas las historias de Superman, Krypton ya no existe. Poco antes de que desapareciera en un cataclismo planetario de enormes proporciones, sus padres –el científico Jor-El, y la aviadora Lara – ubicaron al recién nacido Kal-El en una nave espacial experimental y lo lanzaron con rumbo predeterminado: el planeta Tierra.

La nave con Kal-El cayó en territorio estadounidense (en algún lugar del estado de Kansas) donde fue avistada por un matrimonio de granjeros – Jonathan y Marta Kent– quienes recogen al niño de su interior y, aunque deducen que se trata de un ser extraterrestre, lo adoptan como hijo y lo educan como humano con el nombre de Clark Kent.



II Portadas en las que aparece el personaje en sus dos caracterizaciones.

Fuente: Izquierda: Revista *Superman*, N° 655, México DF, Novaro, mayo de 1968. Derecha: Revista *Superman*, N° 10, Barcelona, Planeta De Agostini, 2007.



Il La portada de esta revista compone al personaje "actual" y su origen extraterrestre. A la izquierda sus padres biológicos (Jor-El y Lara) ante un panorama de su mundo en el inicio de la catástrofe, un instante previo a su muerte. A la derecha se ve a Krypton estallando y simultáneamente la nave que transporta al pequeño Kal-El que logra escapar del cataclismo y se interna en el espacio. La cara de Superman, con una lágrima, da cuenta de la pena de sus recuerdos.

Fuente: Revista *The World of Krypton*, N° 4, DC Comics, marzo de 1988.



II Explosión de Krypton y escape de Kal-El.

Fuente: Howard Chalkin y Franck Chiaramonte para "The last days of Krypton", revista *Word of Krypton*, N° 3, DC Comics, septiembre de 1979, p. 19.

Para sus jóvenes creadores, las extraordinarias capacidades de Superman eran producto de su origen kryptoniano. La principal causa de sus poderes es la gravedad de Krypton, que habría sido mucho más intensa que la gravedad terrestre, debido a que Krypton era más grande que la Tierra. Su contextura física, preparada para desenvolverse en un mundo de ciertas características, al cambiar de escenario (esto es, un planeta de menor gravedad) de alguna manera le brindó a Superman la posibilidad de saltar alturas enormes y, con ello, desplazarse grandes distancias, entre otras habilidades que aquí no analizaremos.

Ante esta breve reseña, el docente atento reparará en múltiples cuestiones para trabajar en el aula, vinculadas con las ciencias y el personaje; entre ellas, destacaremos sólo las siguientes, de particular interés:

1. La existencia de rasgos particulares de otro mundo –como el Krypton de Siegel y Shuster– y su introducción en el relato, para construir una explicación lógica (en términos científicos) de cierto fenómeno (en este caso, los superhabilidades de un ser no humano: Kal-El).
2. La indiferencia conceptual entre algunos conceptos (levitar, saltar y volar, por ejemplo) que parecen entremezclarse en la descripción oral, escrita e icónica de Superman (como en otros superpersonajes semejantes).

Desarrollaremos estas dos cuestiones.

Salvemos las apariencias

Durante los últimos años, en diversas ocasiones (llevando adelante una clase de ciencias, viajando en un taxi con un conductor verborrágico, participando de una reunión social, en un intervalo de un acto académico, entre otras circunstancias) encontramos algunas personas –de edades variadas y diferentes niveles educativos– que requirieron nuestra posición acerca de la falsedad o no del arribo del hombre a la Luna en 1969; una duda que se instaló también en parte de la opinión pública a través de los medios de comunicación.

Este cuestionamiento fue desarrollado en algunos libros,⁹ repro-

9. En particular *We never went to the moon* (Nunca fuimos a la Luna) de B. Kaysing (1974) y su secuela más audaz *NASA mooned America* (La NASA alunó a América) de Ralph Rene (1992).

ducido luego en revistas de interés general, en “documentales” de televisión¹⁰ y, fundamentalmente, inculcado en ciertos sitios de Internet. Según la opinión de algunas personas, el tema se presentó como un ejercicio espontáneo, ideológico y epistémico, destinado a demostrar que, de algún modo, una parte de la humanidad (ingenua) es engañada permanentemente por otra (sin escrúpulos).

En particular, la idea más elaborada que pudimos reconstruir sobre esta farsa astronáutica/conspirativa fue que Neil Armstrong y Edwin Aldrin,¹¹ dos de los astronautas de la nave Apolo 11, en realidad no caminaron sobre la superficie de la Luna sino en un set de cine¹² tan terrestre como supersecreto (decorado “seleníticamente” para el rodaje) bajo la atenta dirección del cineasta Stanley Kubrick.

Hay quienes han sugerido que ese ardid tan científico/tecnológico como artístico respondería a los objetivos patrióticos del presidente Richard Nixon que, en plena Guerra Fría, con el arribo de astronautas estadounidenses a la Luna, materializaba la supremacía de su país frente a la entonces Unión Soviética (URSS) en la carrera espacial iniciada entre ambos países casi una década atrás. Se considera que esa carrera espacial se inició en 1957 (año en que la URSS puso en órbita el primer satélite artificial, Sputnik) y finalizó a mediados de los años setenta. Por otra parte, se ha dicho también que el alunizaje se tramó para levantar la moral de parte de la ciudadanía, deprimida por los avatares de la participación de Estados Unidos en la Guerra de Vietnam (1955-1975).

Ya en el siglo XXI, la leyenda del alunizaje “artificial” recibió un golpe de veracidad al hacerse públicos algunos informes oficiales del gobierno de Estados Unidos que dan cuenta de acciones dirigidas a suprimir o distorsionar resultados obtenidos por científicos de algunas agencias federales de ese país, para amoldarlos a su agenda política.¹³

10. En particular *Conspiracy Theory: Did We Land on the Moon?* [Teoría de conspiración: ¿acaso aterrizamos en la Luna?] de la señal de televisión Fox (2001).

11. Aldrin es conocido por su sobrenombre Buzz, que le pusieron en su niñez. Las películas *Toy Story* le rinden homenaje en el nombre del personaje astronauta Buzz Lightyear (cuya traducción sería “Buz Año-luz”).

12. En alguna parte se habla de la *Norton Air Force Base* (en San Bernardino, California) y en otras de la famosa *Área 51* (en Groom Lake, Nevada).

13. *Union of Concerned Scientists, Scientific Integrity in Policymaking. An Investigation Into the Bush Administration's Misuse of Science* (ver en www.ucsusa.org) (2004).

Así como se siembra la incerteza sobre episodios científico-tecnológicos (por ejemplo, el alunizaje de 1969), en algunos ambientes –natural o deliberadamente– también se pueden sembrar dudas y condicionantes que habiliten la suspicacia sobre la ocurrencia de acontecimientos históricos de diferente índole (científicos, pero también sociales, políticos, religiosos, entre otros.), algo que puede desencadenar un especial escozor cuando se ponen en duda, por ejemplo, ciertas masacres y genocidios. Se comienza por desmentir el Holocausto y se acaba por negar el descenso en la Luna.

No traemos este ejemplo del alunizaje para dar testimonio de su veracidad o falsedad, sino para resaltar el hecho de la aparición y manifestación de una duda como elemento emergente y sustancial de una discusión cultural –que bien puede darse en el aula– ya sea para poner en jaque a la ciencia y/o a sus protagonistas, como así también a las administraciones políticas. En particular, es inquietante la perplejidad que se genera al pensar en el alunizaje de 1969 como un acto teatral inescrupuloso. Sin embargo, cuando esa duda anida y se desarrolla en docentes y alumnos, resulta más interesante el desafío de reflexionar sobre ella para favorecer aprendizajes críticos, que permitir que esa duda cumpla el objetivo de disminuir la credibilidad tecnocientífica.

Por ello, destacamos la actitud e inventiva de muchos docentes que ante la supuesta simulación del alunizaje¹⁴ llevaron adelante diferentes estrategias didácticas, alguna de las cuales reseñamos a continuación:

- **¿Realmente el hombre caminó por la Luna en 1969?** El docente planteó a la clase estudiar cuanto estuviera al alcance de los alumnos, en referencia a la Luna, algo que le permitió introducir y desarrollar varios temas científicos del programa (astronómicos, pero no sólo astronómicos) como beneficio aparentemente colateral. Llevó adelante sólo dos actividades: (1) un ejercicio de indagación sobre la forma de llegar a la Luna con una nave; lo que

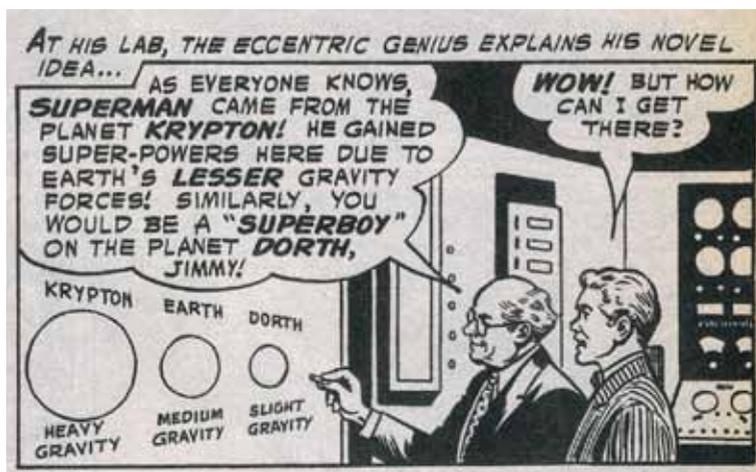
14. Entre otros temas espinosos, como el avistamiento de naves espaciales provenientes de otros mundos y la existencia de vida extraterrestre (en la mitología científica, una de las ideas más reiteradas es la existencia de seres extraterrestres en cautiverio en bases secretas extranjeras, particularmente, estadounidenses).

implica presentar o desarrollar diversos conceptos, modelos y leyes físicas, y (2) un ejercicio de deducción del estado que tendría una persona ante la situación de posarse sobre la superficie lunar; esto permitió examinar y debatir algunos aspectos básicos de nuestra fisiología en un ambiente diferente extraterrestre. Con todos los saberes construidos, la clase analizó si era o no posible analizar la información con la que se contaba sobre el alunizaje de la Apolo 11; su indagación para la ratificación o el descrédito; en realidad, buscó arribar a conclusiones propias de los estudiantes que, si no definitivas, al menos, fueran críticas y coherentes.

- **¿Existen los platos voladores?** El docente no es pasivo ante las referencias de sus alumnos sobre el avistamiento de OVNI y propone escoger algunos casos para estudiarlos entre todos. En general, basta con los casos contados por los propios alumnos y/o sus amigos y parientes. No obstante, muchas veces hemos incluido algunos “registrados” (en revistas, videos o en Internet). Asimismo, sugiere aprovechar la circunstancia para introducir contenidos de astronomía, mecánica, electromagnetismo, óptica y termodinámica, insoslayables para comprender ese tipo de fenómenos. Con las leyes físicas a mano y una descripción somera del cosmos visto desde la Tierra, la clase puede aventurarse a interpretar los casos de avistamiento de platos voladores y a dejar sin responder aquello que, por falta de información, no se alcanza a analizar con las herramientas científicas escolares.
- **¿Hay otros mundos, otras civilizaciones?** En este caso, los temas de astronomía y la astrofísica son imprescindibles para construir un modelo de universo donde existan mundos de diferente estructura, constitución, composición, evolución y, fundamentalmente en condiciones fisicoquímicas adecuadas para albergar vida (al menos, tal como la conocemos en nuestro planeta).

Un factor común en las estrategias reseñadas es la búsqueda de información para armar la historicidad del tema. En su derrotero los estudiantes se apropian de elementos de Historia de la Ciencia que les resultarán tan interesantes como apasionantes: ese apasionamiento aparece porque esos elementos los interrogan sobre aspectos éticos, sociales y culturales del conocimiento que construyen alrededor de cada tema.

Los otros mundos



|| Viñeta con una de las explicaciones del origen gravitorio de los poderes de Superman (en Superman's pal, 1957). En el pizarrón hay una comparación gravitoria entre tres mundos: Krypton, Tierra y Dorth. Traducción: "Como todo el mundo sabe, Superman llegó desde el planeta Krypton. Aquí ganó superpoderes debido a la menor fuerza de gravedad terrestre. Del mismo modo, Jimmy, usted sería un supermuchacho en el planeta Dorth".

En los cuestionamientos anteriores se hace evidente otro componente que interviene espontáneamente en el desarrollo de la duda: la ficción.

Según surge de centenares de relatos estudiantiles, muchos comentan que su acercamiento a temas científicos se dio través de la literatura de ficción antes que la cuestión se planteara en el aula. Sus canales: libros, revistas, historietas, videos y series de televisión, muchísimo más que los videos y programas "documentales" y, para la gran mayoría, el cine fantástico y/o de ciencia ficción.

En particular, los mundos inventados en sendos universos imaginados despiertan cierto fervor en los jóvenes (¡y no sólo en ellos!), brindando una oportunidad de trabajar algunos aspectos curriculares de las ciencias naturales, las ciencias sociales y de la educación tecnológica.

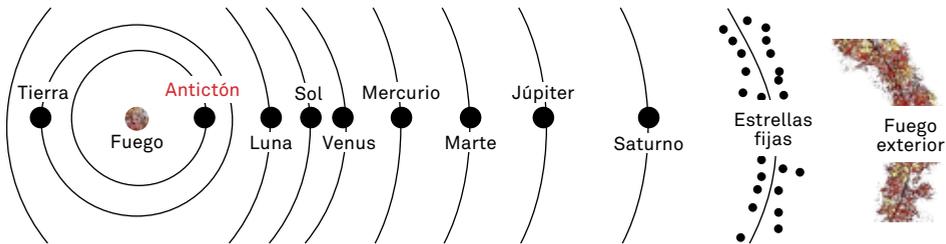
Para explicar los rasgos sobrehumanos de Superman y así salvar las apariencias, los jóvenes Siegel y Shuster crearon al planeta Krypton. Este proceder no es ajeno a la ciencia misma. Descubrir que desde el

inicio de la astronomía se inventaron mundos para justificar y/o explicar lo observado es un componente de alto impacto en los estudiantes.

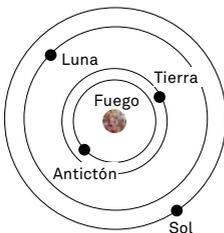
Justamente, la expresión “deben salvarse las apariencias” nace precisamente en la actitud de los astrónomos de la Antigüedad por generar un argumento causal que les permitiese dar cuenta de cuanto observaban en el cielo (es decir, de lo aparente). Osado o pacato, pero siempre racional, mientras ese argumento diera cuenta de lo observado sería tenido en cuenta hasta tanto otro pudiera resultar más convincente, más cómodo o fuera impuesto por alguna otra razón (no necesariamente científica, sino más bien política o cultural).

A partir de la historia de la astronomía, presentamos dos ejemplos significativos de planetas inventados para salvar las apariencias y justificar cierto argumento, con méritos suficientes para utilizar en una clase: uno habla de Antictón o el planeta *Contra-Tierra*, ingeniado en la Antigüedad, y el otro de Vulcano, un planeta concebido apenas un par de siglos atrás.

Contra-Tierra



|| Esquema que muestra el universo de Filolao con Antictón, el mundo invisible.



|| Ubicación relativa de *Contra-Tierra* respecto al fuego central, la Tierra, la Luna y el Sol, según el esquema de Filolao. En ese universo, el Sol demora un año en dar una vuelta alrededor de Hestia; además, Filolao creía que el Sol era un cuerpo poroso y vítreo, que toma su brillo del fuego exterior (absorbe y refleja su luz) y lo dispersa hacia el interior el resto de los astros. De ese modo, el brillo de la Luna es debido al Sol, a excepción de su *luz cenicienta*, la que explicaba como un reflejo de Hestia. Recordemos que se llama “luz cenicienta” a la luz con la que aparece iluminado el disco lunar que no es iluminado por el Sol. La luz cenicienta provoca la misma luz solar, reflejada primero en la Tierra y, desde allí, en la Luna. Las estrellas, finalmente, eran agujeros diminutos, a través de los que se percibe la luz del fuego exterior. Respecto de los eclipses, dijo que se originaban en la sombra de la Tierra pero también en la sombra de *Contra-Tierra*; de esta manera, explicó por qué los eclipses de Luna son más frecuentes que los eclipses de Sol.

Antictón es un astro imaginado por Filolao, astrónomo griego que vivió cinco siglos antes de nuestra era. Además de sentar las bases para una posible discusión sobre la gravitación universal, la historia de este mundo inventado permite introducir diversas nociones para la enseñanza de la astronomía y ciertos aspectos útiles con el fin de entender la evolución del pensamiento cósmico de nuestra cultura.

Filolao, seguidor de Pitágoras, postuló que el universo es predecible por regular, impecable por lo estrictamente geométrico y, ya que también es un universo aritmético, en él los números tienen un rol protagónico (el número 10 resultaba casi una deidad). Un docente inició este tema hablando de la “mística futbolera” de llevar el número diez en la camiseta. Esa supremacía del “10” supone que quien lo lleve es el mejor del equipo. Consecuente con su universo, la Tierra es una esfera perfecta y Filolao previene que también debe serlo el resto de los mundos.

En época de Filolao, los astros observados a simple vista eran los únicos que existían. Cada uno de ellos se hallaba engarzado en la superficie de enormes estructuras cósmicas, también con forma esférica. Esas estructuras eran huecas y de un material totalmente transparente, de modo que para un observador terrestre, eran invisibles. Una para cada mundo, todas esas esferas eran concéntricas y se alejaban una de otra a distancias proporcionales (se relacionaban como se vinculan entre sí las longitudes de las cuerdas de un violín con los tonos que producen) y giraban en su lugar, con un movimiento suave y uniforme. Este giro producía que se observase a los mundos incrustados en ellas, desplazándose en el cielo con un movimiento circular. Se detectaba el desplazamiento de la esfera por el movimiento del planeta ya que este sí es visible desde la Tierra porque es opaco.

A diferencia de muchos de sus contemporáneos, Filolao afirmaba que el centro del universo no era la Tierra sino un fuego prodigioso desde donde Zeus –el padre de todos los dioses griegos– gobernaba el cosmos; llamó “Hestia” a ese fuego, como el nombre de una deidad encargada de dar calor a los hogares.

Así, con Hestia como centro de todas las estructuras del universo, rotaban nueve esferas con nueve mundos incrustados. Mucho más allá del planeta más alejado de Hestia, se ubicaba una última esfera: la que contenía miles de engarces pequeñitos: las estrellas. Luego de esa esfera estelar... otra vez fuego: las inconmensurables llamas exteriores. Ambos fuegos (interno y externo) calentaban e iluminaban las respectivas zonas del universo.

Tal vez fue la creencia en el carácter divino del número diez la causa principal de que Filolao concibiese la existencia de un astro totalmente ajeno a cualquier experiencia. Así creó a **Antictión** o Contra-Tierra, ubicado en la primera esfera que rodeaba a Hestia. El orden de los mundos de Filolao era, entonces: Contra-Tierra, Tierra, Luna, Sol, Venus, Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno.

La Tierra de Filolao carecía de movimiento de rotación sobre sí misma, pero su esfera daba una vuelta completa en 24 horas; así, la Tierra describía un círculo alrededor de Hestia en el mismo intervalo, siempre con la misma cara ubicada contraria al fuego central. En la cara terrestre que apunta a Hestia se hallaba la zona donde está Grecia y, por tal razón, Filolao explicó por qué los griegos jamás podían ver a Contra-Tierra ni a Hestia.

Además, Contra-Tierra se mueve entre la Tierra y Hestia con una velocidad idéntica a la terrestre y en una posición siempre opuesta a nuestro planeta. Así, Contra-Tierra completa una vuelta también en 24 horas.

Un explorador terrestre que se dirige hacia sus antípodas, vería a Hestia, a menos que Contra-Tierra, eventualmente interpuesto, lo ocultase. Así, con la introducción de ese mundo inventado, Filolao pudo explicar por qué ciertas regiones terrestres permanecían en la oscuridad. Es más, consideró que si las antípodas no eran calcinadas por las llamaradas del fuego central, era debido a un efecto tipo pantalla creado por Contra-Tierra.

Aunque el sistema de Filolao fue aceptado por pocos de sus contemporáneos, inició un camino de cambios radicales en la concepción del universo, particularmente por cuatro ideas innovadoras:

- a. **Todos los astros tienen forma esférica, no sólo la Tierra.** Esta idea permanecería inalterable por siglos.
- b. **La Tierra es un cuerpo secundario del universo, no es el astro principal.** Los filósofos (en particular los teólogos) demorarían bastante en apropiarse de esta idea.
- c. **La Tierra no está inmóvil.** Filolao fue el primero que le adjudicó movimiento a la Tierra; con su desplazamiento espacial explicó la marcha aparente de cielo estrellado. Algunos años después, esa idea fue reelaborada por Aristarco, pero tampoco fue aceptada. Sería retomada recién en 1543 por el astrónomo y sacerdote polaco N. Copérnico. Aristarco afirmó que las estrellas y el Sol están inmóviles, y que la Tierra, como el resto de los planetas, gira alre-

- dedor del Sol en órbita circular; el centro de la trayectoria terrestre es el centro del movimiento de la esfera de las estrellas fijas. Ni Aristarco ni Copérnico incluyeron a Contra-Tierra en sus modelos.
- d. **La Tierra no ocupa el centro del universo.** Filolao fue el primero en cuestionar la visión antropocéntrica del universo, desplazando a la Tierra de una ubicación central y colocando allí un fuego divino. Hay quienes en este modelo identifican la génesis del sistema heliocéntrico que más tarde defendería Aristarco, aunque sin suerte, y Copérnico, quien generó una auténtica revolución en la astronomía que luego se extendería a otras ciencias.

Vulcano

La peculiar historia de este mundo habilita al docente a conversar con los estudiantes acerca de dos procesos diferentes y relevantes, tanto para la física como para la astronomía, que distinguimos como:

1. **De la ficción a la realidad:** El golpe de efecto (positivista) que significó el éxito de la mecánica de Newton y, en particular, de su Ley de Gravitación Universal.
2. **De la ficción a la irrealidad:** La terquedad –como remedio para evitar la desilusión– de sostener una teoría por encima de los hechos anómalos que la contradicen, sin atreverse siquiera a pensar que podría haber otra, más general, que diera cuenta de esas anomalías.

De la ficción a la realidad: el descubrimiento de Neptuno

En 1781, el músico y astrónomo aficionado W. Herschel descubrió mediante la observación directa un astro peculiar, hasta entonces desconocido, y creyó que se trataba de un cometa. Luego de algunas semanas, notó que la trayectoria de ese astro se mantenía casi circular en lugar de alargarse, como era esperable en los cometas. Ante esa evidencia, Herschel estimó que se trataba de un nuevo planeta y que debería estar ubicado más allá de Saturno, el último de los planetas conocidos en su época. Los astrónomos certificaron su hallazgo poco después. Herschel bautizó al nuevo mundo *Georgium Sidus* (“Estrella de Jorge”) en honor al rey de Inglaterra, país donde vivía. Más tarde se aceptó la sugerencia del astrónomo J. Bode y se lo denominó **Urano**, tal como se lo conoce en la actualidad. No obstante, Herschel continuó llamándolo *Georgium Sidus* durante toda su vida.

En 1821, el astrónomo francés A. Bouvard publicó un tratado con datos de las trayectorias de los planetas, elaborado luego de muchos años de observar y registrar sus posiciones y calcular sus órbitas. En el caso de Urano, los registros de Bouvard revelaron variaciones respecto de la trayectoria prevista (mediante las Leyes del movimiento planetario, de J. Kepler, y la Ley de Gravitación Universal, de Newton).

Ante ese hecho, algunos matemáticos sugirieron que las variaciones detectadas en Urano se debían a que tal vez esas leyes no fueran válidas a partir de cierta distancia (es decir, más allá de ese planeta). Esa idea fue considerada un pensamiento casi sacrílego. Bouvard, en cambio, postuló que las divergencias entre cálculo y observación quizás pudieran interpretarse de otra manera, sin que implicase violación alguna a la Ley de Gravitación Universal. Imaginó un nuevo planeta, aún desconocido, con una órbita alrededor del Sol más alejada que la de Urano. La presencia de este astro generaría perturbaciones gravitatorias sobre el movimiento de Urano, de modo que le impediría cumplir exactamente con la trayectoria prevista. La idea de Bouvard quedó apenas como una especulación.

Más de veinte años después, en septiembre de 1845, J. C. Adams, un joven astrónomo inglés, fue más allá y directamente calculó la trayectoria que tendría un planeta ficticio que girara alrededor del Sol, más lejano que Urano, de modo que su presencia explicase las variaciones detectadas por Bouvard. Adams comunicó sus resultados al astrónomo J. Challis, su profesor, y este, a su vez, a G. Airy, el astrónomo real de Inglaterra. Inicialmente, Airy ni siquiera intentó verificar la hipótesis de un nuevo planeta; pero, ante la insistencia del joven Adams, Airy cedió y le indicó a Challis que organizara un sondeo telescópico para hallarlo. La búsqueda del planeta de Adams comenzó y terminó en julio de 1846 e, infelizmente, no se obtuvo ningún resultado que confirmase su existencia.

En 1845, el mismo año que Adams presentaba su planeta ficticio, pero en noviembre y en Francia, el astrónomo U. Le Verrier postuló una idea idéntica, desconociendo completamente los trabajos del inglés. Como no fue tomado en cuenta por sus colegas, entre junio y agosto de 1846 Le Verrier volvió a presentar sus cálculos sobre un posible planeta hipotético que perturbase a Urano, prediciendo no sólo sus elementos orbitales, sino su masa. No obstante, la Academia de Ciencias de Francia no le dio crédito ni consiguió que nadie tratará de hallarlo con los telescopios.

Por último, Le Verrier se comunicó con J. Galle, un astrónomo alemán que hacía observaciones en el Observatorio de Berlín (Alemania). Le indicó en qué zona del cielo apuntar el telescopio para encontrar el planeta predicho por sus cálculos. Galle y su ayudante H. D'Arrest observaron el sitio señalado y en menos de una hora hallaron el astro. Como aparentemente Galle fue el primero en mirar por el telescopio al nuevo planeta, solicitó que se lo considere como su descubridor. Inmediatamente, franceses e ingleses reclamaron ser reconocidos como tales, aunque no hubiera sido en el cielo (como era habitual en astronomía desde sus orígenes) sino a través de cálculos matemáticos. En la actualidad, suele indicarse que ese planeta transuránico fue descubierto por la dupla Adams-Le Verrier.

El nuevo mundo fue denominado simplemente “el planeta que le sigue a Urano”. Galle propuso más tarde “Janus”. En Inglaterra, Challis planteó “Océano”. En París, F. Arago sugirió “Leverrier”, mientras el mismo Le Verrier, apoyado por el astrónomo O. Struve, insistió con **Neptuno**, nombre que finalmente fue el aceptado y con el que se lo conoce en la actualidad.

De la ficción a la irrealidad: el invisible Vulcano

La predicción de la existencia de Neptuno por cálculos matemáticos, y su posterior descubrimiento en el cielo, en el sitio señalado por las ecuaciones, constituyó un triunfo inigualable de la física de Newton y, para muchos, del poder de la ciencia en general. No obstante, subsistía cierto conflicto mecánico en el sistema planetario: el movimiento de Mercurio tampoco era el esperable, pues presenta una anomalía que no se logra explicar del todo aplicando las leyes de Kepler y la LGU de Newton. En otras palabras, Mercurio también mostraba cierta discrepancia entre cálculo y observación. Se denomina *perihelio* a la posición en la que un planeta se halla a la menor distancia del Sol. Según las leyes del movimiento planetario, esa posición no debería desplazarse y, cuando esto ocurría debido a perturbaciones de otro astro, las ecuaciones de la mecánica celeste permitían preverlo con exactitud. No obstante, existía un exceso en el desplazamiento del perihelio de Mercurio de cuarenta y tres segundos de arco por siglo (43"/siglo), que superaba lo que podía explicar la astronomía de la época, considerando la perturbación que podían ejercer el Sol, Venus y la Tierra, sobre Mercurio.

Nuevamente Le Verrier intentó solucionar la discrepancia y en 1859 predijo que las perturbaciones de Mercurio (aquellas que producen cierto giro del eje mayor de su órbita y, en consecuencia, hacen variar la posición de su perihelio) se debían a una causa similar a la detectada para Urano y, por lo tanto, existía un astro aún desconocido entre Mercurio y el Sol. A ese planeta intermercurial, Le Verrier lo bautizó rápidamente **Vulcano** para evitar discusiones posteriores.

Aunque cientos de telescopios emprendieron la búsqueda de ese nuevo planeta, nadie logró observarlo. Por lo vivido con el descubrimiento de Neptuno, por su absoluta convicción en la validez y vigencia universales de la mecánica newtoniana, y por su confianza en la certeza de los cálculos que realizaba, Le Verrier consideraba inadmisibles que no se lograra detectar a Vulcano. Anunció nuevas predicciones para hallarlo hasta que murió, convencido de haber descubierto un nuevo planeta entre Mercurio y el Sol que se hallaría en el futuro, con más y mejores instrumentos de observación.

Para conocer otros detalles de su porfiada fe en la existencia de Vulcano, ver el **Apéndice N° 1**.

Habría que esperar los inicios del siglo XX, cuando A. Einstein demostró que las anomalías en el movimiento de Mercurio se debían a severas limitaciones de la teoría de la gravitación de Newton. Utilizando ecuaciones derivadas de la Teoría de la Relatividad, Einstein consiguió explicar satisfactoriamente esas anomalías, algo que representó uno de sus primeros éxitos en la física y el olvido para siempre de Vulcano como mundo real.

Otras ficciones, otros mundos

Los mundos de ficción no son exclusivos de la ciencia, pero los inventados por científicos tampoco son los más conocidos. La auténtica irrupción cultural de mundos ficcionales se halla fundamentalmente en la literatura y, en particular, en los relatos y novelas de fantasía y/o de ciencia ficción que lentamente los han instalado en el imaginario popular (una especie de “interfase” entre la literatura y la ciencia). A continuación, mencionamos sólo algunos mundos, considerando que los datos que incorporamos pueden resultar útiles, quizás, para realizar sencillos cálculos o plantear curiosos problemas gravitatorios.

1. El pequeño planeta B 612

En Argentina, *El principito* es el relato más conocido del escritor A. Saint-Exupéry. Publicado en 1943, narra el encuentro de su autor con un intrigante ser extraterrestre con apariencia de niño humano. Le adjudica la categoría de príncipe y así se refiere a él, ya que jamás menciona su nombre ni hace referencia a que lo tuviese.¹⁵ El relato está ilustrado con dibujos del mismo Saint-Exupéry que reflejan algunos pasajes de su encuentro como así también lo que el niño narra de su mundo y de su periplo espacial. Su encuentro se produce en algún lugar del Sahara (África) cuando Saint-Exupéry, cuya ocupación realmente era pilotear aviones, realiza un aterrizaje de emergencia. La interacción del autor con el principito y la trama que pasa revista de algunos episodios del niño en otros mundos y otros lugares de la Tierra, se desarrolla durante el lapso que Saint-Exupéry está varado por un desperfecto de su avión.

No se menciona en el texto que este niño extraterrestre tenga superpoderes, no obstante, podemos convenir que la habilidad para viajar por el interior del Sistema Solar “aprovechando una bandada de pájaros” no es muy común ni natural. Se describe que el principito habita en un planeta pequeño, sin nombre pero con cierta denominación (B 612) dada por un astrónomo terrestre. En ese mundo hay agua, actividad geológica (volcanes, por ejemplo) y diversidad de seres vivos (plantas, pájaros, insectos, etc.). No hay referencias acerca de la existencia de otros seres semejantes al niño en ese mundo.

La ciencia es una actividad colectiva en la que cada científico expone y exhibe, ante sus pares, los hallazgos que ha hecho o las deducciones a las que ha arribado, para su consideración, crítica y, en definitiva, para su aceptación. Al menos hay dos formas de hacerlo: presentando su trabajo en un congreso específico o bien enviándolo a publicar en una revista especializada en el tema.

Saint-Exupéry relata que el B 612 habría sido descubierto por un astrónomo turco en 1909 y que este presentó su descubrimiento en un Congreso Internacional de Astronomía. Los congresos internacionales de los astrónomos se suceden desde mucho antes de 1909; sin embar-

15. Notar hasta aquí la semejanza con Jonathan y Marta Kent (padres de Kal-El) quienes hallan al niño kriptoniano –de nombre entonces desconocido– que más tarde se convertiría en Superman.

go, vale destacar que es recién en 1919 cuando se constituye la Unión Astronómica Internacional (UAI), cuyo propósito es promover la astronomía en todos sus aspectos a través de la cooperación internacional.

En la actualidad hay más de 9000 astrónomos miembros de la UAI, pertenecientes a casi un centenar de países. El congreso al que alude Saint-Exupéry evidentemente no fue de la UAI, pero parece indicar que se trata de una reunión de astrónomos europeos por la siguiente razón: el descubrimiento del asteroide no resulta creíble por el atuendo del astrónomo turco, en palabras del autor: “nadie le creyó por culpa de su vestido”.

En el libro se muestra a dicho astrónomo con una indumentaria popular de su país. Dado que un dictador turco conminó al pueblo a vestirse a la europea bajo la amenaza de ser castigados con la pena de muerte si desobedecían, el astrónomo turco se vistió con levita, chaleco y moñito; así lo muestra Saint-Exupéry en su nuevo intento por convencer a sus colegas del descubrimiento del B 612, ya en 1920. En esa época, efectivamente, ya existía la IAU y el hecho de que haya usado un traje muy elegante hizo que su hallazgo fuera creíble, o bien, como dice el autor: “esta vez todo el mundo compartió su opinión”.

Este pasaje es interesante para resaltar que, como actividad humana, la ciencia no está exenta de intereses y banalidades ajenas al simple deseo de ampliar conocimientos sobre un campo en particular. Es atrayente pensar también que Saint-Exupéry incluyó este pasaje para ironizar sobre la autoridad de la ciencia europea respecto de las contribuciones de investigadores de otros países del mundo. Al mismo tiempo, vale reflexionar cómo tal brecha se reduce, tan sólo salvando las apariencias (en este caso, cambiando la vestimenta es posible que sea aceptado el interlocutor y, con él, sus opiniones).

El planeta del principito es uno más entre millares que forman parte del Sistema Solar. El autor da cuenta de ello al referir que “sabía que fuera de los planetas como la Tierra, Júpiter, Marte, Venus, que tienen nombre, hay centenares de planetas, a veces tan pequeños que apenas se los puede ver con el telescopio”.

Por sus rasgos, B 612 se encuentra más alejado del Sol que la Tierra ya que el principito, en su viaje, debe atravesar una zona de asteroides y esta se halla entre las órbitas de Marte y Júpiter. El tamaño de B 612 puede deducirse de las ilustraciones hechas por el autor, comparando la altura del principito con las dimensiones de su mundo (por ejemplo: considerando que el niño extraterrestre midiese unos 120cm).

En el **Apéndice N° 2** se presenta algo de la información astronómica asociada a B 612 con datos recogidos en la ficción y en la ciencia.

Todos los asteroides dibujados por Saint-Exupéry, según la descripción del principito, son parecidos a una pelota. En realidad sólo los asteroides de mayor tamaño (apenas un puñado entre cientos de miles) tienen una forma aproximadamente esférica. La gran mayoría tienen formato oblongo o, como suele decirse: de simetría triaxial (esto es, definida por tres ejes). Aunque la mayoría de los pequeños planetas muestran formas alejadas de una esfera, es casi inevitable pensarlos con esa figura, ya que el estereotipo de un planeta es el de un globo sólido, algo que coincide con las representaciones incluidas en el texto de Saint-Exupéry. Posiblemente, el B 612 como el resto de los pequeños planetas visitados, debían ser del grupo de asteroides de mayor tamaño, dadas las apariencias esféricas con que se los representó en el libro. Más datos sobre estos mundos se mencionan en el **Apéndice N° 2**.

Cuando la ciencia participa en la ficción. Mencionamos tres mundos descubiertos en el Sistema Solar, vinculados con este relato:

- **N° 2578: Saint-Exupéry.** Un asteroide bautizado con el nombre del autor de *El principito*. Ubicado en el cinturón de asteroides, fue descubierto por la astrónoma T. Smirnova (1975) desde el observatorio de Nauchnyj. Demora poco más de cinco años en dar una vuelta en torno al Sol, a unas 2,7 UA de distancia.
- **N° 46.612: Bésixdouze.** Fue descubierto en 1993 desde el observatorio de La Silla (Chile) por el astrónomo E. Elst. Su denominación, en francés, significa “B-seis-doce”, es decir la denominación dada por Saint-Exupéry al asteroide del principito. Por otra parte, B 612, en notación hexadecimal equivale a 46.612, de allí el número de identificación de este mundo. Se halla a 2,8 UA del Sol y su revolución demora cinco años.
- **N° 45: Eugenia.** Descubierto por H. Goldschmidt en 1857 desde París, se encuentra a 2,7 UA, dentro del cinturón de asteroides. Es esférico, de unos 214 km de diámetro. En 1998, se descubrió un pequeño satélite orbitando a Eugenia. En el año 2003, esa luna se bautizó Petit Prince (Principito), tiene apenas unos 13km de diámetro y acompaña a Eugenia en su traslación alrededor del Sol, como lo hace la Luna con la Tierra.

Cuando la ciencia parece ficción. El descubrimiento de planetas u otros objetos celestes parece una actividad siempre ajena, es decir,

en manos sólo de científicos que habitan otros países. La tarea de los astrónomos vernáculos es prácticamente desapercibida fuera de la comunidad y, obviamente, resulta impensado que se mencione en las aulas. Por eso, aquí mencionamos un asteroide que lleva el N° 965 y la denominación Angelika, ya que es el primer pequeño planeta descubierto en Argentina. Su hallazgo sucedió el 4 de noviembre de 1922, desde La Plata (Provincia de Buenos Aires). Angelika tiene casi 54 km. de diámetro, rota prácticamente en 18hs y completa su traslación en algo más de cinco años; está entre Marte y Júpiter, a unas 3 UA. Fue descubierto por el astrónomo Hartmann quien en 1922 cumplía cuarenta años de matrimonio y por ello decidió darle al planeta el nombre de su esposa. Vale resaltar que Angelika es el primero de una lista con más de un centenar de mundos hallados en Argentina.

2. Tantos planetas

Las series de televisión y las películas de ciencia ficción aportaron millares de nuevos planetas de ficción al mundo de la literatura. Basta con que mencionemos algunos de ellos, ya que el lector podrá indagar fácilmente en muchos otros:

- **Melmac:** Localizado a unos 20 años luz de la Tierra, más allá de un enjambre de estrellas conocido como supercúmulo Hydra/Centauros, Melmac fue destruido en una catástrofe nuclear y se desconoce cuántos melmacianos existían antes de su destrucción. Su cielo era color verde y el pasto, azul. Como sucede en nuestra cultura, Melmac era el nombre del planeta y también de la sustancia de la que estaba hecho. Algo más pequeño que la Tierra, su año era apenas más largo que el terrestre: 386 días. Este mundo fue creado en 1986 por los guionistas Patchett y Fusco de la serie televisiva “Alf”.
- **Mustafar:** Es uno de los tantos planetas de la saga denominada “La Guerra de las Galaxias” de G. Lucas. Es un mundo pequeño, totalmente cubierto de lava. Aparece en el IIIº Episodio (*La venganza de los Sith*, 2005).
- **M-113:** Uno de los tantos planetas de la saga denominada *Star Trek* (aquí conocida como *Viaje a las estrellas*). M-113 es un mundo hostil donde se instaló una colonia de humanos en el siglo XXIV. Los únicos seres oriundos de M-113 son unas bestias que se alimentan de sal. Este mundo aparece en el episodio *Spectre of the gun* (1968).

Son muchísimos los escritores que han inventado mundos ficticiales para el escenario de sus novelas o relatos, pero no son tantos quienes los describen minuciosamente y tratan de conjugar la ciencia con la ficción. Entre ellos, destacamos al célebre novelista, astrónomo y profesor de ciencias Hal Clement (Stubbs) quien ha creado un número inusual de mundos en sus escritos, altamente recomendables para aquellos que gustan de la ciencia ficción.

Entre los mundos de Clement, destacamos a Mesklin, que aparece en la novela *Misión de gravedad* (1953). Se trata de un planeta con forma de disco, que rota a muy alta velocidad. Por su tamaño y densidad se considera que Mesklin es un mundo supergigante. Está cubierto de océanos de metano líquido y la nieve es amoníaco congelado. La gravedad superficial de Mesklin varía muchísimo entre el ecuador y los polos: 3 veces la gravedad terrestre en el ecuador y 665 veces cerca de los polos. Debido a esa gravedad, a sus habitantes les resulta bastante difícil mirar hacia arriba y llevan una vida prácticamente bidimensional.

Por último, también son millares los astros –planetas, asteroides, cometas, estrellas y galaxias– inventados en las historietas y, en particular, en aquellas donde participan superhéroes.



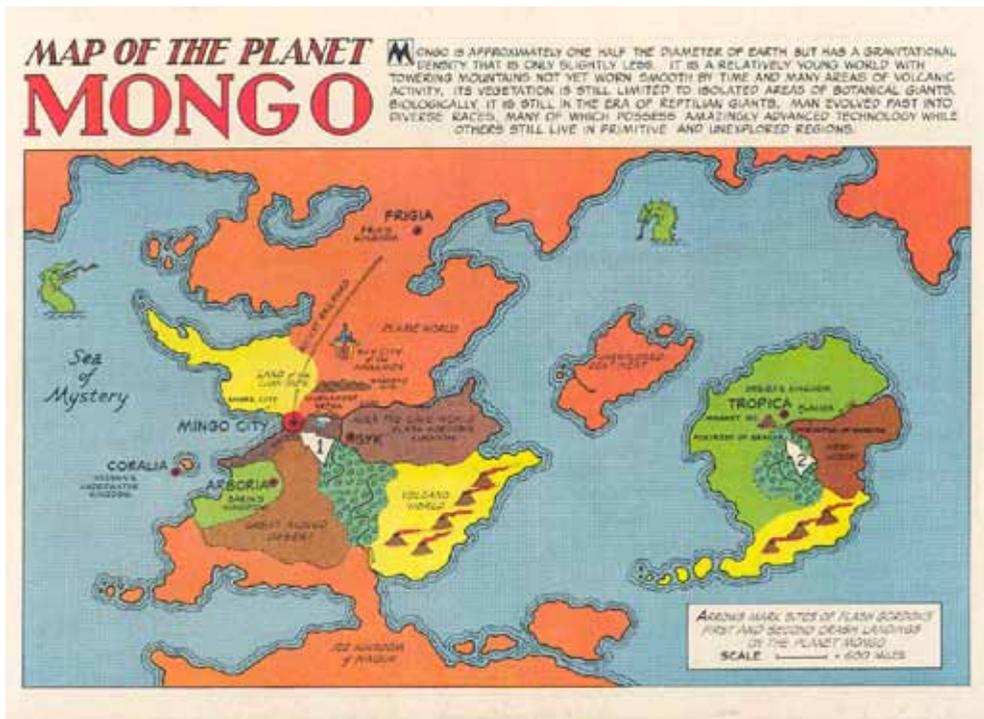
|| En esta viñeta, una muchacha con poderes telepáticos revisa su “biblioteca de mundos” para hallar pistas sobre el paradero de un compañero perdido.

Fuente: E. Hamilton y Curt Swan, “The evil hand of the luck Lords!”, en *Adventure Comics*, N° 343, DC Comics, abril de 1966, p. 9.

La breve descripción de esos astros es suficiente para despertar la imaginación más atenuada y generar la sorpresa más adecuada para un aprendizaje significativo. Incluso, con agrupaciones de esos astros se han conformado universos, hasta construir –en una misma línea editorial o en cruce entre varias editoriales– la idea de multiversos, para dar al lector un concepto que abarque tanta ficción hecha astros.

Ahora bien, en las historietas del siglo XX, el mundo ficticio que precedió, y sin duda rivalizó en popularidad con Krypton, es el planeta **Mongo**. Este planeta es impulsado artificialmente mediante un artefacto que maneja a voluntad su tiránico emperador, conocido como “Ming, el despiadado”.

Mongo, cuya forma es esférica, tiene un diámetro una vez y media más grande que el de la Tierra; en cambio, por alguna razón, su gravedad superficial es algo menor. Se trata de un planeta relativamente joven, con montañas aún sin erosión, zonas de gran actividad volcáni-



II Planisferio del Planeta Mongo, según Raymond.

ca y agua líquida sobre su superficie que forma un enorme océano. La vegetación de Mongo está limitada a ciertas áreas, en las que las plantas son de tamaños colosales; hasta donde se conoce, biológicamente se hallaría en una era de reptiles gigantes.

En Mongo conviven civilizaciones tecnológicamente avanzadas junto a otras, primitivas. En su derrotero espacial, Mongo ingresó al Sistema Solar y estuvo a punto de acercarse a la Tierra, algo que hubiese favoreció a Ming, ya que uno de sus objetivos era conquistar nuestro planeta. Este mundo fue creado por A. Raymond en 1934, para su serie de aventuras denominada *Flash Gordon*. Como sucedió con Superman, las historias del joven Flash traspasaron las historietas para aparecer en series de radio, televisión y cine (películas y caricaturas).

3. Planetas en la historia

En la historia de la ciencia existen diversos ejemplos de especulaciones científicas que se transforman en ficción y, luego, adquieren un estatus final de realidad. Un ejemplo fueron los satélites del planeta Marte:

- En 1610, el astrónomo alemán J. Kepler fue el primero en postular que Marte tenía satélites a su alrededor. Su idea surgió al intentar resolver un anagrama hecho por G. Galilei. En realidad, el italiano había codificado cierta información obtenida sobre los anillos de Saturno, pero Kepler la decodificó como si Galilei anunciara el descubrimiento de lunas marcianas. Como la Tierra tiene un solo satélite (la Luna) y Galilei había hallado cuatro alrededor de Júpiter, Kepler razonó que Marte, que se mueve entre la Tierra y Júpiter, debía tener dos satélites y así lo difundió (sin dar ningún dato sobre sus características).
- Algo más tarde (1643) un monje astrónomo afirmó haber observado las lunas de Marte que describió Kepler. Con los instrumentos de la época, tal avistamiento resultaba imposible; probablemente el monje confundió alguna estrella cercana a Marte con sus lunas hipotéticas.
- En *Los viajes de Gulliver* (1727) el escritor irlandés J. Swift describe que los astrónomos de Laputa habían descubierto dos pequeñas lunas en Marte, cuyos periodos de revolución eran de 10 y 21,5 horas respectivamente.
- Algunos años más tarde (1752) esas lunas hipotéticas fueron adoptadas por Voltaire para su cuento *Micromegas*. Su trama cuenta la

visita a la Tierra de un ser extraterrestre, proveniente de un planeta que orbita a Sirio; cuando el ser narra su travesía por el interior del Sistema Solar señala haber visto dos lunas alrededor de Marte.

- En 1877, el astrónomo norteamericano Hall descubrió que, efectivamente, Marte tenía dos pequeños satélites a su alrededor, a los que bautizó Fobos y Deimos. Sus periodos orbitales son, respectivamente, de 7 horas , 39 minutos y 30 horas , 18 minutos, en franca semejanza con los datos aportados por Swift, un siglo y medio antes.

Krypton

Los mundos Contra Tierra y Vulcano se inventaron como estrategias para salvar las apariencias y encontrar respuestas a interrogantes que plantea la realidad. Volvemos sobre ellos, a modo de reseña:

- En ausencia de la idea de gravedad, Filolao introduce un mundo ficticio para explicar los fenómenos observados. Sus conclusiones reposicionan la Tierra e introducen ideas relevantes para la renovación de la concepción de universo.
- En pleno auge de la mecánica newtoniana, los astrónomos Adams y Le Verrier hallan un planeta mediante cálculos de aplicación de sus ecuaciones de movimiento. Neptuno (en principio ficticio porque era sólo el resultado de operaciones matemáticas) debía hallarse en el lugar señalado tan sólo porque las leyes físicas no sólo eran universales, sino definitivamente correctas.
- La creencia absoluta en las leyes de Newton lleva a un astrónomo (Le Verrier) a inventar un nuevo planeta ficticio que permitiese explicar las anomalías de Mercurio. Fueron centenares los que intentaron repetir la epopeya de Neptuno, sin lograrlo. No equivocaron el método, ni los procedimientos de observación, sólo se negaron a pensar que tal vez la mecánica newtoniana no tuviera todas las respuestas.

Creemos que estos ejemplos bastan para mostrar cómo la idea de un planeta inventado ha permitido a los estudiosos, desde la Antigüedad hasta el presente, salvar las apariencias. En la actualidad, la detección de varios planetas extrasolares comienza con la postulación de su existencia como astro ficticio cuya presencia afecta (gravitatoriamente) a otros astros (estrellas u otros planetas). Los extrasolares o exoplanetas son planetas que orbitan una estrella diferente del Sol, formando o

no parte de un sistema planetario. No sabemos con certeza si Siegel y Shuster tuvieron en mente esta estrategia astronómica a la hora de inventar a Krypton, pero su razonamiento para explicar con ello parte de las capacidades extraordinarias de su personaje resultó más que justificado, tanto desde la ficción como desde una lógica científica.

Si bien la época de aparición de Superman estuvo muy lejos del inicio de los viajes espaciales (1957) y aún más de los alunizajes (1969), el conocimiento básico de algunas propiedades de la gravedad (clásica, newtoniana), un poco de anatomía humana, y algo de sentido común, hicieron creíble que Kal-El, al llegar de Krypton a la Tierra, pudiese obtener las habilidades que aparecían en sus primeras historias, en particular su capacidad de saltar con mucha mayor potencia que un ser humano.¹⁶



II Portada de la tira dominical de Superman, donde Siegel y Shuster hacen “debutar” al planeta Kriptón el 16 de enero de 1939. Los autores dan indicios sobre la diferencias entre los planetas Krypton y la Tierra. Allí explicaban: Superman, defensor de los desvalidos y oprimidos, llegó a la Tierra desde el planeta Krypton, cuyos habitantes habían evolucionado, después de millones de años, a la perfección física. El menor tamaño de nuestro planeta, con su tenue fuerza de gravedad, ayuda a que los tremendos músculos de Superman logren una fuerza tal que le permite realizar hazañas milagrosas.

16. Una situación similar a la de John Carter, personaje de la novela *Una princesa de Marte* (1912), del escritor norteamericano Burroughs. Es probable que Siegel y Shuster leyeran ese texto, dado que Burroughs era entonces un autor destacado por las aventuras de *Tarzan* (1912) que aparece también como historieta en 1926. En particular, en 2012 se estrenó la película *John Carter* donde los “saltos” sobre-humanos alcanzan su máximo esplendor.

Los saltos extraordinarios de Superman, explicados a la luz de una diferencia de atracción gravitatoria entre nuestro mundo y el desaparecido Krypton, se asemejan a la situación de una persona nacida en la Tierra que fuese a saltar en un mundo de menor gravedad que la terrestre. Dado que la Luna es un cuerpo con masa menor que la Tierra, la fuerza de gravedad en su superficie también resulta menor que la que se experimenta en nuestro mundo, de modo que un mismo objeto pesa, en la Luna, menos que en la Tierra.

Un astronauta, cuyos músculos y huesos están adaptados a la gravedad terrestre, es capaz de saltar distancias mayores sobre la superficie lunar que las que consigue en nuestro planeta. Esa situación fue comprobada a partir de 1969, cuando una serie de personas llegaron y volvieron de la Luna. Al respecto, el docente puede mostrar fragmentos de películas o documentales en los que se vean astronautas ambulando por la Luna.

Análogamente, debido a su herencia kryptoniana, al llegar a la Tierra Kal-El es capaz de realizar proezas sobrehumanas, como saltar enormes alturas y manifestar una fuerza física suficiente para ser identificado como un superhombre. Aunque el Superman adulto que conocemos arribó a nuestro mundo con pocos años de edad, puede pensarse que su ADN kryptoniano se hallaba ya codificado para el desarrollo de músculos y huesos apropiados a un campo gravitatorio más intenso que el terrestre (Kakalios, 2006).

Ahora bien, una comparación entre Krypton y la Tierra resulta útil para analizar diversos aspectos de las leyes físicas, en particular, la LGU y, también, para hacer algunos cálculos. Por simple y relevante, en adelante seguiremos un razonamiento semejante al de Kakalios (2006) y comenzaremos por la expresión más conocida de la LGU:

$$F_g = \frac{[G \cdot M_A \cdot M_B]}{D_{AB}^2}$$

Donde F_g es fuerza mutua debida a la gravedad entre dos cuerpos cualesquiera **A** y **B**, de masas M_A y M_B , separados por una distancia¹⁷ D_{AB} , y G es la *constante universal de gravitación*. En esta expresión queda implícito que la dirección de F_g es sobre la recta que une ambos cuerpos.

17. Si un cuerpo es la Tierra y el otro es Superman (parado en su superficie) entonces la distancia entre ambos es el radio terrestre.

Para un mundo cualquiera M de masa M_M , son idénticas¹⁸ las expresiones clásicas del **peso** P_C de un cuerpo C y la de la fuerza de gravedad F_g . En símbolos, esto es:

$$P_C = F_g$$

$$M_C \cdot g = \frac{[G \cdot M_C \cdot M_M]}{D_{CM}^2}$$

Como el factor masa del cuerpo C aparece en ambos miembros de la expresión, M_C se simplifica y queda:

$$g = \frac{[G \cdot M_M]}{D_{CM}^2}$$

Esto es, la aceleración g es directamente proporcional a la masa del mundo M_M e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa cualquier cuerpo de dicho mundo, es decir, a D_{CM}^2 .

Newton demostró que, a los efectos del cálculo y dada la simetría de un mundo esférico, si se lo considera compuesto por un material homogéneo, toda su masa puede considerarse *concentrada* en un punto central a la esfera de dicho mundo.

Con esa consideración, para un cuerpo situado en la superficie terrestre, D_{CM} es la distancia entre la superficie y el centro de nuestro planeta, es decir, el radio terrestre R_T . Si llamamos M_T a la masa de Tierra, la expresión para la aceleración de la gravedad g_T en la superficie terrestre resulta:

$$g_T = \frac{[G \cdot M_T]}{R_T^2}$$

Ahora bien, supongamos que la aceleración de la gravedad g_K , en la superficie de Krypton es unas quince veces mayor que la terrestre. Con M_K como la masa de Krypton y R_K su radio, podemos escribir:

$$g_K = 15 \cdot g_T$$

$$\frac{[G \cdot M_K]}{R_K^2} = 15 \cdot \frac{[G \cdot M_T]}{R_T^2}$$

18. Según los principios de Newton, el peso P_C puede calcularse como el producto de su masa M_C por la aceleración de la gravedad g .

Como la constante G aparece como factor en ambas expresiones, puede simplificarse y queda:

$$\frac{M_K}{R_K^2} = 15 \cdot \frac{M_T}{R_T^2}$$

Hay otra forma de expresar esta relación. Dado que la *densidad* δ brinda una medida de la relación entre la masa M de un cuerpo y su volumen V , se infiere que la masa de cualquier cuerpo puede escribirse como el producto de su densidad por el volumen que ocupa, esto es $M = \delta \cdot V$. Como los planetas Krypton y Tierra son esféricos¹⁹, considerando sus respectivas densidades (δ_K y δ_T) sus masas pueden expresarse:

$$M_K = \delta_K \cdot V_K = \delta_K \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot [R_K]^3 \text{ y } M_T = \delta_T \cdot V_T = \delta_T \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot [R_T]^3$$

Por lo tanto, recordando el vínculo entre las gravedades ($g_K = 15 \cdot g_T$), este puede expresarse:

$$\frac{g_K}{g_T} = 15$$

o bien, utilizando las expresiones anteriores:

$$\frac{g_K}{g_T} = 15 \Leftrightarrow \frac{[\delta_K \cdot R_K]}{[\delta_T \cdot R_T]} = 15$$

La última expresión sugiere que:

- Si Krypton tuviera el mismo tamaño que la Tierra ($R_K = R_T$) debería ser quince veces más denso; en símbolos: $\delta_K = 15 \cdot \delta_T$.
- Si, por el contrario, tienen la misma densidad ($\delta_K = \delta_T$) entonces Krypton tendría un radio quince veces más grande que el de nuestro planeta; en símbolos: $R_K = 15 \cdot R_T$.
- Por supuesto, siempre puede darse una combinación de ambas variables (densidad y radio) de modo tal de arrojar como resultado esa particular relación.

En lo que sigue, trataremos con las dos primeras posibilidades (extremas) tratando de concluir cuál de estas dos es la más razonable.

19. En el caso que se consideren esférico, el volumen planetario puede calcularse si se conoce su radio R mediante la expresión del volumen de una esfera $V_E = (4/3) \cdot \pi \cdot R^3$.

a) ¿Era Krypton quince veces más denso que la Tierra?

La densidad (δ) de la que hablamos es una magnitud que da cuenta de la relación entre la masa (m) de un cuerpo –sea un planeta o este libro– y su volumen (V). La expresión escolar más usual es $\delta = \frac{m}{V}$.

En el caso terrestre, se define una “densidad media” (δ_T) como el *promedio* de las densidades de los diferentes materiales que componen nuestro planeta; su valor es aproximadamente cinco gramos por centímetro cúbico ($\delta_T \approx 5 \text{ g/cm}^3$).

Considerando a Krypton compuesto exclusivamente de uranio, el elemento químico natural de mayor peso atómico entre los conocidos, su densidad (δ_K) resulta casi cuatro veces mayor que la densidad terrestre:

$$\begin{aligned}\delta_K &= 19 \text{ g/cm}^3 \\ \delta_K &\approx 4 \cdot \delta_T\end{aligned}$$

Este resultado es muy inferior al planteado ($\delta_K = 15 \cdot \delta_T$).

Para que Krypton tuviese una gravedad quince veces mayor que la Tierra debido únicamente a su densidad (que debería ser de $\delta_K = 75 \text{ g/cm}^3$, un valor que surge de multiplicar por 15 la densidad terrestre) no se conoce ninguna sustancia ordinaria cuya densidad alcance tales valores.

b) ¿Era Krypton quince veces más grande que la Tierra?

La información que se posee sobre los planetas que conforman el Sistema Solar es que tienen diversos tamaños y que sus respectivas geologías dependen significativamente de sus dimensiones. Un grupo de planetas tienen radios más de cuatro veces mayores que el radio terrestre; se trata de Urano, Neptuno, Saturno y Júpiter, mundos prácticamente gaseosos, a los que por su tamaño se los suele denominar planetas gigantes.

El conocimiento acumulado sobre los planetas del Sistema Solar ha servido de base para explicar la formación planetaria. Se considera que los planetas se constituyeron a partir de una nube de gas y de polvo, con forma de disco y en rotación, ubicada en el espacio más o menos coincidentemente con el plano ecuatorial de la estrella central. Los materiales de ese disco planetario describirían trayectorias

circulares, en el mismo plano y dirección en que lo hacen actualmente los planetas.

Esa explicación da cuenta de que es muy difícil que se formen planetas tanto en las zonas próximas al Sol como en las muy alejadas, debido a la escasez de material para ello y a que, además, allí experimentan temperaturas inadecuadas, altas o bajas. Al pensar en la existencia de otros planetas, revolucionando alrededor de otras estrellas y, sobre todo, al comenzar a hallarlos observacionalmente (en el siglo XXI), la formación de esos planetas extrasolares también pasa a ser modelada con la misma teoría que se aplica a los mundos del Sistema Solar.

Por otra parte, en la actualidad existen evidencias de que los exoplanetas son todos de grandes dimensiones, presumiblemente gaseosos y con órbitas suficientemente alejadas de su estrella central, de modo que su más débil radiación no alcance a dispersar sus superficies gaseosas (básicamente formadas de hidrógeno y helio).

La concentración de elementos más pesados con los cuales se formarían planetas sólidos²⁰ resulta sensiblemente menor, de modo que esos mundos tenderían a ser más pequeños que los gaseosos y, también, a ubicarse más cerca de su estrella central. Además, aunque los planetas sólidos se formasen con enormes dimensiones, las fuerzas gravitatorias provocadas por su estrella central (que los astrónomos denominan fuerzas de marea) acabarían rompiéndolos en pedazos. Por lo tanto, la civilización de Krypton no podría haber surgido en un planeta gigante y gaseoso con un radio 15 veces más grande que el radio terrestre. De hecho, cuando se ha representado Krypton aparece como un astro sólido, con atmósfera.

20. Los elementos que formarían un planeta sólido (por ejemplo, carbono, silicio y hierro) comprenden apenas el 2% de la masa elemental del universo conocido.



4

Enseñar Física. Un pacto con la ficción

Nuevos argumentos,
vieja gravedad

Tal como razona Kakalios (2006), la astrofísica moderna ha aportado algunos datos y desarrollado ciertas teorías que hacen posible uno de los dos argumentos dados para entender la estructura de Krypton. Cuando cierta cantidad de gas hidrógeno se agrega en el espacio, si alcanza una concentración considerable en su centro, la compresión gravitatoria resulta intensa y los núcleos atómicos, literalmente, se fusionan entre sí. Esto genera nuevos núcleos –más masivos– y se libera energía mediante un fenómeno denominado fusión nuclear.

Mediante esa auténtica transformación nuclear, se explica cómo se enciende una estrella. La energía que mana del interior de la estrella y se irradia hacia su exterior es demorada (en algunos casos directamente detenida) por la fuerza gravitatoria que, como siempre, es atractiva; aquí actúa de afuera hacia adentro, esto es, la gravedad comprime al astro. Mientras ambos fenómenos –flujo de radiación y contracción gravitatoria– estén equilibrados, el radio estelar se mantendrá estable y, de ese modo, la estrella consigue ser un cuerpo compacto.

Ahora bien, cuando se agota el hidrógeno, significa que se ha fusionado todo el hidrógeno en núcleos de helio. Una parte de estos se fusionarán a su vez en núcleos de carbono, alguno de los cuales se comprimen a la par para formar nitrógeno, oxígeno y, del mismo modo, el resto de los elementos químicos, hasta que llegan a formar hierro, momento en el que el proceso de fusión parece detenerse.

En esa situación, el equilibrio que sostiene a la estrella comienza a esfumarse. Ya no se libera tanta energía, predomina la presión de la gravedad y, en un lapso relativamente corto, la contracción gravitatoria acaba comprimiendo el material estelar en un volumen sensiblemente inferior al que tenía inicialmente la estrella.

En esas circunstancias las presiones que resultan sobre su zona central son tan intensas que tiene lugar un último impulso de fusión. Por ese impulso suelen generarse algunos núcleos atómicos nuevos, más pesados que el hierro (por ejemplo, uranio) al mismo tiempo que se libera una cantidad de energía extraordinaria (semejante a una explosión formidable). Este suceso se conoce como “fase de supernova” y, cuando sucede, los elementos formados en el interior son despedidos a la zona circundante, es decir, el espacio exterior a la estrella.

Cuando la estrella es de grandes dimensiones y enorme masa, la presión gravitatoria en su centro es tan intensa que, incluso después de estallar y expulsar casi toda la materia, queda un gran cuerpo remanente cuya gravedad es tan enorme que la compresión que genera afecta su

estructura atómica de modo peculiar: los protones de los núcleos atómicos y los electrones se prensan formando neutrones; además, esos neutrones están tan comprimidos que prácticamente se tocan entre sí.

Por esa razón, esos remanentes de supernovas suelen parecerse a cuerpos sólidos compuestos únicamente de material nuclear (neutrones) y se los denomina “estrellas de neutrones”; su rasgo principal es que tienen una masa enorme aprisionada en un volumen pequeño. Su densidad es extraordinaria: si fuese posible contener ese material de alguna manera, en la Tierra, una cucharita de té colmada con materia de una estrella de neutrones pesaría más de 100 millones de toneladas.²¹



Fuente: Viñeta de Wayne Boring perteneciente a la historia “The kid from Krypton!”, en *Action Comics*, Nº 158, DC Comics, julio de 1951, p. 3 Traducción del autor.

II Jor-El, el padre biológico de Kal-El (Superman) explica el peligro que amenaza a Krypton. Dice Jor-El: “El fin de nuestro mundo está cerca. Krypton tiene un núcleo de uranio, cuyas reacciones en cadena pronto llegarán a un punto crítico. Entonces nuestro planeta explotará como una gigantesca bomba atómica”. No obstante, sus colegas científicos no dan crédito a sus argumentos (“¡No, no! ¡Es imposible!” le responden).

21. La densidad de una estrella de neutrones se estima en 10^{11} g/cm³. Estos astros fueron propuestos originalmente por los astrónomos W. Baade y F. Zwicky en 1934 (4 años antes de que apareciera Superman). No se comprobaría su existencia hasta 1967, cuando J. Bell Burnell y A. Hewish descubrieron los “púlsares”, singulares estrellas de neutrones que emiten radiación electromagnética a intervalos regulares (auténticos “pulsos” energéticos) vinculados con su rotación. Hoy se conocen varios centenares y en uno de ellos se descubrió (en 1992) que tiene planetas girando a su alrededor.



II Krypton y la estrella Rao.

Fuente: *Superman*
Nº 146 (1961).

A partir del conocimiento de la existencia de astros con tan grandes densidades puede pensarse que la alta densidad de Krypton se podía deber a que en su interior poseía un fragmento pequeño de materia semejante a la de una estrella de neutrones; si así fuera, es razonable pensar que su gravedad aumentaría significativamente. En otras palabras, si un planeta del tamaño de la Tierra (más de 6000 km de radio) tuviera un pequeñísimo volumen de materia de estrella de neutrones en su interior, la masa adicional que le aportaría conseguiría aumentar espectacularmente la gravedad en la superficie de dicho planeta. En particular, sólo haría falta una esfera de materia de estrella de neutrones de unos 600 metros de radio en el centro de un planeta de tamaño terrestre para generar una gravedad superficial de 150m/s^2 , justamente unas 15 veces más potente que la gravedad terrestre.

De este modo podríamos pensar que Krypton era un planeta bastante más denso que la Tierra debido a que en su composición había ma-

teriales superdensos, semejantes a los de una estrella de neutrones (1ª hipótesis) en lugar de justificar su gran gravedad a través de considerar a Krypton un planeta mucho más grande que el nuestro (2ª hipótesis).

Las últimas nociones físicas que comentamos permiten explicaciones adicionales sobre la historia de Superman; en particular, acerca de las causas posibles de la destrucción del Krypton:

1) Un interior planetario que tuviera un fragmento de material semejante al de una estrella de neutrones, generaría una intensa actividad geológica debido a los esfuerzos gravitatorios que causaría sobre la superficie del planeta, y determinaría una estructura altamente inestable que, inexorablemente, acabaría por producir su fragmentación; luego dependería de otros factores, que esa desintegración acabase en un estallido.

2) Actualmente, hay cierto consenso en los guionistas de Superman en que la causa de destrucción de Krypton fue que la estrella (llamada Rao) alrededor de la cual orbitaba, alcanzó la fase de supernova. Su estallido ocasionó la destrucción total de Krypton. Además de las historietas, esta situación se mostró en el filme *Superman: la película*, estrenada en 1978. En ese film se muestran dos fenómenos catastróficos, combinados: Krypton explota desintegrándose (debido a la inestabilidad de los materiales radiactivos de su interior) y simultáneamente la estrella Rao se convierte en supernova.

¿Es un pájaro, es un avión?

En los episodios de radio²² y luego en la apertura de los primeros dibujos animados de *Superman*, un locutor anunciaba: “¡Más rápido que una bala! ¡Más poderoso que una locomotora! ¡Capaz de saltar edificios en un solo salto! ¡Miren! ¡Arriba en el cielo! ¡Es un pájaro! ¡Es un avión! ¡Es Superman!”

El juego de palabras para indicar que Superman surca el cielo, asociándolo con un artefacto (el avión) o un ser vivo volador (un pájaro) daba cuenta de uno de los rasgos extraordinarios del personaje: desplazarse en las alturas, por encima de todos los humanos. Como mencionamos

22. http://www.publispain.com/superman/superman_radio.htm.

antes, la capacidad de volar de Superman no fue un atributo original del personaje, ya que en los inicios sus habilidades maravillosas tenían una lógica fundada en considerar algunas leyes físicas, en situaciones nuevas –extremas– como la adaptación de un ser preparado para vivir en un planeta de cierta gravedad al llegar a otro mundo de gravedad menor.

Existe en las historias de los superseres voladores cierta indiferencia conceptual entre los conceptos vinculados con sus habilidades de dominar la gravedad, desprenderse del suelo a voluntad y atravesar el paisaje aéreo del planeta, viajar de un mundo a otro o, directamente, surcar el espacio intergaláctico. Para poder analizar ese comportamiento describiremos brevemente los conceptos de levitar, saltar y volar, que esperamos sean útiles para trabajar las historias de superhéroes controladores de la gravedad. Una vez más, siguiendo a Kakkalos (2006), nos ocuparemos del Superman original de Siegel y Shuster.

Levitar

Aunque hoy los términos “leve” y “grave” aparecen en el lenguaje cotidiano como sinónimos de ligereza o profundidad (basta con pensar en heridas leves o heridas graves, o en faltas leves o faltas graves, por ejemplo), su origen se vincula con la física antigua y se relacionan con los fenómenos gravitatorios. Cuando Aristóteles explicaba el movimiento local de los cuerpos, decía que era debido a cierta cualidad que poseen, a la que definía como una “*tendencia a ocupar su lugar natural*”. Ante la certeza de la Tierra como el centro del universo –decía Aristóteles– el lugar natural de los cuerpos graves (una roca por ejemplo) es abajo, entendiendo que refiere el sentido de un movimiento hacia el suelo; el de los cuerpos leves (humo, por ejemplo) es *arriba*, es decir, el sentido que aleje al cuerpo del suelo.

Esto hace que para levantar un grave (levantar o elevar un cuerpo pueden considerarse como acciones tendientes a hacer leve a un grave) se deba ejercer una acción (definida como violenta) sobre el cuerpo, ya que este se resiste a abandonar su lugar natural. Cuando cesa esa violencia, el cuerpo vuelve a moverse, pero ahora hacia abajo (se cae).

Siglos más tarde, en tiempos de Newton, la idea de levedad cayó en desuso, dado que todos los cuerpos resultaron ser graves y la cualidad que los identificaba comenzó a ser identificada como gravedad. De esta manera, la elevación de un cuerpo se convirtió entonces en un trabajo necesario para resistir temporalmente la fuerza de gravedad

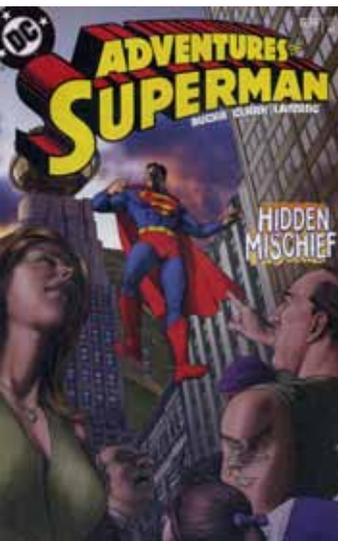


Ilustración de Superman, levitando.

Fuente: Revista *Adventures of Superman*, N° 634, DC Comics, enero de 2005.

terrestre que afecta dicho cuerpo; mientras el cuerpo esté elevado, no caerá (apenas cese ese trabajo, la fuerza de gravedad quedará liberada y el cuerpo se moverá hacia la superficie terrestre). Irremediablemente, entonces, al elevar un cuerpo, debe ejercerse una fuerza contraria a la de la gravedad, al menos de igual intensidad.

A partir de lo anterior, podemos decir que la levitación es la acción mediante la cual un cuerpo se sostiene estable en el aire sin mediar ningún otro objeto o agente externo que ejerza trabajo sobre dicho cuerpo. La idea de vencer la fuerza que nos mantiene posados sobre el mundo fue siempre un deseo profundo para los seres humanos y su concreción, un fenómeno cercano al milagro. En crónicas de diferentes culturas y distintas épocas, se narran historias con personas que levitaron: sus cuerpos se elevaron suavemente del suelo, quedaron en suspensión durante cierto lapso y luego descendieron tan apaciblemente como habían ascendido. En términos físicos, que levite un cuerpo implica que este:

- 1) debe encontrarse en presencia de un campo gravitatorio (por ejemplo, sobre la superficie de un astro) ya que esa acción implica dominar su peso (la fuerza de gravedad que ejerce ese campo), y
- 2) debe experimentar algún efecto que contrarreste su peso al menos durante cierto tiempo, para poder mantenerse suspendido.

En general, parece obvia la primera premisa y la segunda puede ser interpretada de diferentes maneras. Dicho de otro modo, la levitación puede atribuirse a:

- a) **Efectos sobrenaturales y/o mágicos.** Esta interpretación considera a la levitación una cualidad humana que permitiría dominar la gravedad en un sitio determinado mediante energías desconocidas para la Física; no es sólo la anulación de su peso, sino la capacidad de moverse en suaves ascensos y descensos. Por la capacidad de levitar se entiende generalmente la habilidad mental de generar cierto tipo de energía (denominada energía psíquica) capaz de producir un efecto antigravitatorio que provoca que el propio cuerpo pueda flotar sobre la superficie terrestre, en sentido vertical²³. En

23. La levitación se puede producir en ausencia de aire, por lo que no es del todo correcto hablar de que la persona flota (aquí no hallamos una analogía mejor). La verticalidad a la que hacemos referencia da cuenta de una dirección *radial* respecto de la Tierra, independientemente de la postura que tenga la persona levitante (parada, acostada, etc.).

textos de magia y actividades paranormales, se indica que quien controle esa energía levitatoria puede, además, regular también cuánto se eleva del suelo sin un límite claro sobre hasta dónde puede llegar. Cuando esa energía es suficiente y su control es posible, se asegura que pueden ser posibles dos fenómenos asociados en persona que levita: (a) moverse por sí misma controlando la dirección de su desplazamiento (no sólo vertical) lo que permitiría cierto vuelo limitado, y (b) poder acarrear objetos consigo e, incluso, cargar una persona.

Alex Needham/Wikipedia



II Tren impulsado por levitación magnética.

- b) **Efectos físicos, reales.** La sustentación estable de ciertos artefactos, como los helicópteros, es un tipo de levitación que se logra mecánicamente, al conseguir variaciones de presión en el aire que los rodea; una combinación precisa de esas presiones permite incluso el ascenso y descenso de esos aparatos, dando la sensación de anular la gravedad al manipular las fuerzas de empuje que producen en el aire. Por otra parte, resulta redundante señalar que, en ausencia de atmósfera, los helicópteros no suben ni levitan (no pueden sostenerse fuera de la superficie de reposo). Si se carga eléctricamente un cuerpo y se lo ubica en un campo eléctrico adecuado, es posible generar sobre él una fuerza eléctrica opuesta a la gravitatoria y con tal dirección que mantenga al

cuerpo en suspensión. Este tipo de fenómeno, que suele llamarse levitación electrostática, es interesante tenerlo en cuenta si el docente en alguna ocasión quiere explicar la experiencia crucial en la que el físico norteamericano Millikan midió la carga eléctrica del electrón y por la cual obtuvo el Premio Nobel en 1923.²⁴ Por último, también es posible generar que un cuerpo se mantenga suspendido en forma estable, aplicando fuerzas magnéticas que contrarresten su peso. Hay curiosos efectos producidos por levitación magnética y diferentes dispositivos para lograrla (incluso, complejos artefactos tecnológicos la utilizan).²⁵

c) Efectos ficcionales o fantásticos.



II Se comparan las habilidades de Superman (particularmente su salto) con las de ciertos insectos.

Fuente: *Action Comics* N° 1, DC Comics, junio de 1938, p. 1. Traducción del autor.

24. La experiencia de Millikan a la que hacemos referencia se conoce como **el experimento de la gota de aceite**.

25. Por ejemplo, medios de transporte que usan la levitación magnética para la suspensión, guía y propulsión de vehículos, particularmente trenes.



II En la siguiente secuencia, Supergirl (en Argentina, *Superniña*), la prima de Superman, evoca los argumentos que le diera Superman para que comprendiese la causa de sus superpoderes.

1 “Entonces, mientras realizaba su patrulla regular, Superman avistó mi llegada a la Tierra ...”

Superman: ¡Gran Scott! Una jovencita... ¡jilesa!

Superniña: En la Tierra soy invulnerable como vos. Mi madre me hizo un traje como el tuyo porque soy tu prima de Krypton.

2 “Después le dije mi historia, encontré mis nuevas superpotencias desconcertante ...”

Superniña: Pero... ¿Por qué nuestro pueblo no era también superfuerte cuando estaba libre de la pesada gravedad de Krypton?

Superman: Porque nuestros superpoderes provienen en parte de la menor gravedad terrestre, pero fundamentalmente de los rayos ultra-solares que penetran día y noche en la Tierra. Esos rayos sólo pueden afectar a las personas que nacieron en sistemas solares, diferente al de la Tierra.

3 **Superman:** Y sólo las estrellas amarillas como el sol de la Tierra emiten esos rayos súper energéticos. En los planetas con soles no amarillos, no seríamos superpoderosos, tampoco en condiciones de menor gravedad.

Superniña: ¡Ya veo! Krypton tenía un sol rojo, por eso la gente del lugar que vivía no llegaron a ser superfuertes.

4 “Pero el trágico final de mis padres me trajo otra pregunta ...”

Superniña: ¿Por qué la kriptonita es mortal para nosotros?

Superman: Sus rayos pueden penetrar a través de la piel en nuestras venas y cambiar los glóbulos rojos a verdes. Ese envenenamiento de la sangre, inevitablemente, provoca una fatal “fiebre de Kriptonita” (...). Por otra parte, la kriptonita roja nos afecta de manera diferente ... pero eso es otra historia

Fuente: Viñetas escogidas de “Supergirl’s greatest victory!” de Otto Binder y Jim Moony, en *Action Comics* N° 262 , DC Comics, marzo de 1960, p. 5 .

La posibilidad de vencer la gravedad (¡y dominarla!) a través de efectos levitatorios está presente en múltiples narraciones de la literatura. Mencionamos, como ejemplo, la novela *Un descubrimiento prodigioso* (1867) de J. Verne o *Los primeros hombres en la Luna* (1901) de H. G. Wells, por citar tan sólo dos obras clásicas de la literatura de ciencia ficción.

Entre los protagonistas no fueron pocos los que mostraron sus habilidades de levitación como medio o fin en alguna de sus aventuras, particularmente en historias de hechiceros, brujos, magos e ilusionistas. Todos usan habilidades mágicas, hipnóticas, paranormales o simplemente poderes oscuros para levitar. En las historietas se destacan los magos Mandrake (1934) de Falk y John Zatara (1938) de F. Guardineer, que aparecen al mismo tiempo y en la misma revista que el primer Superman.



|| Zatará protagonizaba las portadas de la revista en la que aparecían las primeras aventuras de Superman. En esta ilustración el mago observa el cohete en el que fuera lanzado Superman luego de explotar su mundo natal.

Fuente: Portada de F. Guardineer en *Action Comics* N° 12, DC Comics, mayo de 1939.

En todos los casos, es posible dominar la gravedad mediante hechizos, conjuros, talismanes o fórmulas nigrománticas, que permiten a objetos y personas flotar por tiempo indeterminado, cumpliendo la voluntad de quien así lo desease; la acción representada en las viñetas es cierto tipo de suspensión en el aire. Por otra parte, el Superman original de Siegel y Shuster tampoco levitaba.

Superman nunca tuvo poderes mágicos ni capacidad para manejar fuerzas eléctricas y/o magnéticas. De modo que si consiguió variar la presión del aire para conseguir levitar se debió a sus extraordinarios pulmones, que le permitían además realizar soplidos sobrehumanos. Como mencionamos, Superman sólo podía realizar grandes saltos, una forma de aprovechar la menor gravedad terrestre por su cuerpo kriptoniano. Ahora bien, cuando se inspecciona el Superman actual, sus superhabilidades se han extendido tanto, que no sólo consigue mantenerse suspendido –en franca posición levitante– sino que incluso es capaz de hacer levitar otros objetos (*Superman II*, 1980).

En el nuevo Superman, la razón de esta capacidad para dominar totalmente las fuerzas de gravedad (tanto en la Tierra como en el espacio) es debida a los superpoderes que le otorga su cuerpo kriptoniano en presencia de un sol amarillo, cuya energía radiante dota a sus células de propiedades extraordinarias.



II En estas viñetas se muestran los preparativos de Superman para saltar. **Izquierda:** *Superman se acuclilla y tensa sus músculos para realizar un gran esfuerzo...* Dice: “¡Apuesto a que siguiendo ese avión voy a ir directo hacia Luisa! **Derecha:** “Los músculos de acero propulsan a Superman bien arriba, hacia la estrósfera...” Dice: “¡Un dirigible colosal!”.

Fuente: portada de F. Guardineer en *Action Comics*, N° 12, DC Comics, mayo de 1939.



|| Incluimos esta secuencia de viñetas, para mostrar las acrobacias que debía hacer Superman para salvar a un hombre en caída libre; sus piruetas dejaron de ser necesarias cuando se le otorgó la capacidad de vuelo.
Fuente: Action Comics N° 39, DC Comics, agosto de 1941, p.6.

Saltar

Entre las acepciones del verbo saltar que aparecen en los diccionarios, se hallan: “arrojarse desde cierta altura, generalmente para caer de pie, levantarse o desprenderse algo con un impulso fuerte, caer el agua de una corriente salvando un desnivel, romperse o explotar violentamente, dar muestras repentinas de enfado o desacuerdo, aparecer de repente una cosa a la imaginación o a la memoria, mover una pieza de un juego, como el ajedrez o las damas, pasándola por encima de otra, pasar de una cosa a otra sin orden, omitir algo al leer o escribir, lanzarse alguien en ataque, y ascender laboralmente a un puesto más alto,”. Hemos descartado todas las acepciones mencionadas. En este texto, de las variadas interpretaciones de saltar, tomaremos aquella que se vincula con la física.

El fenómeno del salto puede describirse como un movimiento caracterizado por ciertas fases más o menos definidas:

- un impulso inicial, es decir, una fuerza aplicada durante un cierto lapso, un empuje que consigue “apartar” el cuerpo de la superficie donde se halle posado (en general, subiendo),
- un desplazamiento en el aire (vertical, curvo, etc.) y, finalmente,
- un descenso o caída.

Físicamente, cuando una persona busca saltar hacia arriba empuja el suelo para impulsarse (acción) hacia abajo. Es la fuerza que ejerce el suelo contra esa persona (reacción) la que la hace saltar. Hablaremos de saltos que se realizan para cubrir la mayor distancia posible y, simultáneamente, buscan alcanzar grandes alturas. Esta elección es debida a que en el primer Superman se mencionaba como una de sus capacidades sobrehumanas, la de saltar grandes edificios y cubrir enormes distancias.

La trayectoria de la mayoría de los saltos ejecutados por el cuerpo humano son considerados movimientos parabólicos; como el cuerpo de Superman es morfológicamente idéntico al de un ser humano podemos entonces comparar sus saltos con los de un hombre común. Por otra parte, cualquier sujeto, cuando salta, lo hace con una determinada velocidad inicial y, una vez que ha despegado del suelo, su cuerpo (sometido siempre a la fuerza de gravedad) hace que su centro de gravedad describa una parábola.

En cuanto a la eficacia de los saltos que realizan las personas, queda delimitada por varios factores mecánicos. Por ejemplo, el in-

investigador Hay (1993) enumera: precisión y posición del cuerpo en el despegue, altura y velocidad del despegue, ángulo de despegue, resistencia del aire, posición del cuerpo al contactar con el suelo y acciones de aterrizaje.

Considerando un superpersonaje de habilidades extraordinarias como Superman, podemos caracterizar algunos de estos factores:

- Se le adjudica tal grado de destreza física a Superman que sus saltos tienen siempre la dirección y sentido que la circunstancia impone, por lo que poco puede agregarse sobre la precisión de sus movimientos en el despegue de sus saltos.
- Sobre la posición del cuerpo al despegar o al aterrizar, los dibujantes de Superman se preocupan de copiar con gran detalle las posiciones de nadadores clavadistas y otros atletas; incluso dan cuenta de la tensión de sus músculos en el impulso inicial o en el momento de volver a tocar tierra firme. Es decir, el kriptoniano realiza maniobras semejantes a las que puede hacer un hombre común que se dispone a saltar o que termina de hacerlo.
- Si enfocamos los ángulos de despegue, físicamente el de 45° es el que permite alcanzar la mayor longitud en aquellos movimientos parabólicos en que el centro de gravedad en la salida y en la llegada se encuentre a alturas similares.²⁶ En general, son ángulos de ese orden los que se aprecian en las viñetas de Superman, excepto cuando su despegue es vertical.
- Con respecto a la altura desde donde se produce el salto, para un superhéroe como Superman esto no es relevante, porque nada lo intimida: desde el suelo, desde lo alto de un edificio, en un puente, un árbol, o desde las profundidades del océano.
- En el caso de Superman, un ser al que Siegel y Shuster le adjudicaron una piel superresistente y una fuerza colosal, no tiene mucho sentido hablar de la resistencia del aire, la cual, puede considerarse físicamente despreciable.

26. Sin embargo, en los saltos horizontales realizados por personas, sus centros de gravedad en el arranque se encuentran más alto que en la llegada, cuando caen. En esos casos, los ángulos óptimos para conseguir el mayor alcance deben ser algo superiores a 20° . No obstante, no se puede determinar un único ángulo óptimo, ya que este variará en función de la diferencia de alturas entre el centro de gravedad en el impulso inicial y el centro de gravedad en la llegada.

Resta analizar entonces las distancias que cubriría en sus saltos y las velocidades alcanzadas. Los primeros indicios aparecen en su primer número donde se afirma que *Superman* es capaz de saltar 1/8 de milla (unos 200 m) que equivale a la altura de un edificio bastante alto para la época (1938); esa longitud será la cota para estudiar su habilidad. Como es razonable, cuanto más alto se desea saltar, mayor ha de ser la rapidez durante el despegue del suelo; esto da indicios de que existe cierto vínculo entre la velocidad inicial y la altura final que se alcance en el salto (sea horizontal o vertical). ¿Qué velocidad necesitaría Superman, para elevarse 200 m desde una vereda de la ciudad de Metrópolis?

La respuesta remite a los principios de Newton, que pueden resumirse en dos ideas básicas (Kakalios, 2006):

1. cualquier cambio en el movimiento de un cuerpo resulta solamente de la aplicación sobre él de una fuerza externa,²⁷ y
2. entre cuerpos que interactúan, las fuerzas se manifiestan de a pares (acción y reacción de Newton).

Para alcanzar un salto de 200 m parece evidente que el Superman de Siegel y Shuster debía despegar del suelo con una velocidad inicial considerable; en primera instancia no es relevante considerar su ángulo de salto pero, para simplificar cálculos, lo tomaremos de 90° (Superman salta verticalmente).²⁸

A medida que asciende, su velocidad disminuye continua y paulatinamente como si algo lo frenase. Si la energía del movimiento es debida sólo a su impulso inicial,²⁹ cuando llegue al punto más alto de su trayectoria, Superman se detendrá. En otras palabras, allí su velocidad será nula, Superman queda en estado de reposo (si no se detuviera, seguiría subiendo por encima de la cota acordada).

27. Esta idea básica puede descomponerse en dos nociones fundamentales presentes en todos los textos de física elemental: un objeto permanece en reposo o, si se mueve, lo hace siguiendo una línea recta si no existen fuerzas externas actuando sobre él y, si se aplica una fuerza externa, el movimiento del objeto cambia en magnitud y dirección, siendo la proporción del cambio (su aceleración, **a**) multiplicada por su masa (**m**) igual a la fuerza (**F**) aplicada (en símbolos: $\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$).

28. Dejamos al lector seguir un razonamiento semejante para un salto oblicuo.

29. Con esto queremos decir que no hay nuevos impulsos luego de despegar, algo que en la actualidad es habitual en los superhéroes.

La causa por la que Superman se frena se interpreta así porque opera una fuerza externa sobre él, que lo tracciona hacia el suelo. Como intuye el lector, dicha fuerza se debe a la gravedad terrestre y se opone a su ascenso porque siempre es atractiva, y actúa en dirección radial hacia el centro de la Tierra; esa fuerza causa en Superman una deceleración que culmina allí donde acaba su ascenso (200m).

Ahora bien, puede comprobarse que la fuerza de gravedad terrestre es prácticamente la misma al comienzo, en el transcurso y en el punto más alto del salto; tampoco varía la deceleración g que se genera.³⁰

Con el objeto de estimar qué valor de velocidad inicial V_{Inicial} alcanza Superman para saltar 200m verticalmente, introducimos algunas nociones de cinemática elemental. Cuando un móvil se desplaza en línea recta la distancia d que recorre puede precisarse como el producto de su velocidad media (ver recuadro) por el tiempo t que dura su desplazamiento. Es decir

$$d = [V_{\text{Media}}] \cdot t$$

La velocidad media es la suma de la velocidad inicial más la velocidad final, dividida por dos. En símbolos:

$$V_{\text{Media}} = \frac{[V_{\text{Inicial}} + V_{\text{Final}}]}{2}$$

En el salto que analizamos la velocidad final es nula, esto es

$$V_{\text{Final}} = 0$$

por lo tanto, la velocidad media resulta:

$$V_{\text{Media}} = \frac{V_{\text{Inicial}}}{2}$$

Debido a que no sabemos cuánto dura el salto de *Superman*, sino sólo su altura final, consideramos que:

a. Para el mismo móvil, su aceleración a es la variación de su veloci-

30. Según la ley de Newton, la fuerza de gravedad depende de la inversa del cuadrado de la distancia entre Superman y la Tierra; como antes, tomando el radio terrestre (algo más que 6000 km) como la distancia entre ambos, una variación de apenas 200 m puede considerarse insignificante para nuestro análisis.

dad en el tiempo; simplifícadamente, esto puede calcularse como la diferencia entre la velocidad final y la velocidad inicial respecto al tiempo t y se expresa como $a = [V_{\text{Final}} - V_{\text{Inicial}}]/t$. En el caso de Superman, dado que al final de su salto se detiene, implica que su velocidad final es nula [$V_{\text{Final}} = 0$]. Por otra parte, ya mencionamos que el factor que afecta su velocidad es la aceleración de la gravedad terrestre g_T , por lo que entonces expresaremos esa situación, reemplazando a por g , de la siguiente manera $g_T = -[V_{\text{Inicial}}]/t$

- b. La velocidad media también puede expresarse como la distancia neta recorrida en relación al tiempo t empleado en hacerlo. Esa distancia puede calcularse como la diferencia entre la distancia final alcanzada [d_{Final}] y la distancia inicial considerada como referencia [d_{Inicial}], por lo tanto:

$$V_{\text{Media}} = \frac{d}{t}$$

$$V_{\text{Media}} = [d_{\text{Final}} - d_{\text{Inicial}}] / t$$

En el caso que analizamos la distancia final es la altura h a la que llega *Superman* en su salto ($d_{\text{Final}} = h$) mientras la distancia inicial es cero, ya que medimos el salto desde la vereda. Por lo tanto, la expresión de la velocidad media resulta $V_{\text{Media}} = h/t$. Como en este caso

$$V_{\text{Media}} = \frac{V_{\text{Inicial}}}{2} \quad (\text{ver recuadro anterior}) \quad \text{resulta}$$

$$V_{\text{Inicial}} = 2 \cdot V_{\text{Media}} \quad V_{\text{Inicial}} = 2 \cdot \frac{h}{t}$$

Ahora bien, si se despeja el tiempo t de la expresión de la aceleración gravitatoria $t = (V_{\text{Inicial}})/g_T$ y también de la última expresión de la velocidad inicial $t = (2 \cdot h / V_{\text{Inicial}}$ y luego igualando ambas expresiones ya que se trata del mismo intervalo, despejando la altura h , resulta:

$$h = \frac{[V_{\text{Inicial}}]^2}{2 \cdot g_T}$$

La razón por la que la altura h que puede alcanzar Superman en su salto depende del cuadrado de su velocidad inicial se debe a que el recorrido de su movimiento está expresado por el producto de la velocidad por el tiempo durante el cual está ascendiendo, y el tiempo que demora subiendo también depende, a su vez, de su velocidad inicial. Esto es, cuanto más rápido va Superman al comienzo de su salto, y cuanto más tiempo emplee la fuerza de gravedad en frenarlo, más demorará en reducir su velocidad hasta detenerlo (algo que sucede, invariablemente, en el punto más alto de su salto). Considerando que

$g_T \cong 10 \text{ m/s}^2$, la expresión anterior señala que la velocidad inicial de Superman para alcanzar 200m de un salto debe ser $V_{\text{Inicial}} = 62,5 \text{ m/s}$ es decir, cambiando de unidades: $V_{\text{Inicial}} = 225 \text{ km/h}$

Por último, con Superman partiendo tan rápido, es sencillo estimar que en poco más de un tercio de segundo $t = 1/3\text{s}$ alcanzaría la altura máxima que pusimos como cota. Con el mismo razonamiento, podemos suponer que consigue su velocidad inicial en un tiempo algo menor, digamos: $t = 1/4\text{s}$, un cuarto de segundo.

Lo siguiente es reflexionar acerca de cómo puede conseguir tal rapidez y, para ello, retomamos la explicación mecánica del salto. Dado que las fuerzas van de a pares, Superman tensa sus supermúsculos –hasta se agacha un poco para ello– y sus piernas aplican una gran presión contra el suelo, haciendo que el mismo suelo reaccione y lo impulse en sentido contrario.

Como cabe esperar, para producir que un cuerpo como el de Superman se lance a 225 km/h hace falta una fuerza considerable en primera aproximación y, a partir del segundo principio de Newton ($F = m \cdot a$),³¹ podemos estimar la intensidad de esa fuerza F multiplicando la masa m_S de Superman por la aceleración a que adquiere al iniciar su salto, es decir, la responsable de que alcance 225 km/h partiendo del reposo.

La aceleración a_S de Superman es una consecuencia de la enorme fuerza de los músculos kryptonianos de sus piernas aplicada contra el piso. Como vimos, la aceleración a_S puede expresarse como

$$a_S = \frac{[V_{\text{Final}} - V_{\text{Inicial}}]}{t}$$

pero ahora tendremos que la velocidad inicial es nula ya que Superman parte del reposo en la vereda y la velocidad final es $V_{\text{Final}} = 62,5 \text{ m/s}$ (con la que despega del piso). Así, la a_S que adquiere para su salto es:

$$a_S = 240 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

31. Los docentes conocemos que comprender la relación íntima entre masa, aceleración y fuerza es un desafío para la mayoría de los estudiantes, y que requiere, como requisito previo, una comprensión de la masa (a menudo confundida con el peso) a sabiendas de lo que se entiende por la aceleración (a menudo confundida con la rapidez o la velocidad). Asimismo requiere saber lo que realmente se entiende por fuerza (a menudo confundida con energía o el mismo movimiento).

No hemos encontrado la historieta donde se mencione el peso de Superman³² pero dada la altura y contextura con que es dibujado, podemos considerar que, en la Tierra, una balanza indicaría que pesa unos 100 kg-fuerza, por lo que tendría una masa entonces de 100 kg. En ese caso la fuerza F_S necesaria para que salte verticalmente 200 m se puede calcular mediante la expresión $F_S = m_S \cdot a_S$ y resulta $F_S = 100 \text{ kg} \cdot 240 \text{ m/s}^2$, esto es $F_S = 24.000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ que, recordando que 1 Newton = 1 N = 1 kg · m/s² resulta $F_S = 24.000 \text{ N}$

Surge entonces la cuestión: ¿Es sensato pensar que los músculos de Superman puedan proporcionar una fuerza de 24.000 N?

En principio parece razonable, ya que los músculos de sus piernas deberían al menos ser capaces de soportar su peso sobre Krypton, un planeta cuya gravedad es mayor que la terrestre. Avanzando un poco más calculamos que la fuerza que hacen las piernas de Superman en su salto más alto es de 16.360 N. Esta cantidad es un 70% más de lo que la fuerza de sus piernas suministraría mientras estuviese quieto y de pie –es decir, soportando su peso– en Krypton.³³ Así llegamos a que Superman, en su planeta de origen, pesaría unos 15.000 N. Por otra parte, sabemos que su peso kryptoniano queda definido por su masa³⁴ y por la aceleración de la gravedad en Krypton, g_K . Entonces, podemos estimarla de la siguiente manera:

Peso de Superman = [Masa de Superman] · [gravedad kryptoniana]

$$15.000 \text{ N} = 100 \text{ kg} \cdot (g_K)$$

$$g_K = 150 \text{ m/s}^2$$

Comparado con la gravedad terrestre $g_T \cong 10 \text{ m/s}^2$ dice que $g_K = 15 \cdot g_T$. Esta relación habilitaría a justificar la elección hecha antes, al considerar las características de Krypton.

32. Hablamos de su peso en la Tierra, ya que si está afectado por cierto tipo de kriptonita puede variar bastante. Por otra parte, tampoco se conoce su peso en otros mundos.

33. Somos generosos ya que la mayor parte de las personas, al saltar, solamente pueden aplicar una fuerza aproximadamente igual a su peso. Kakalios (2006).

34. Estimamos la masa de Superman en 100 kg.

Volar

Lograr que un cuerpo esté en el aire es algo relativamente sencillo (por ejemplo, saltando o arrojando un objeto) pero conseguir que ese cuerpo se mantenga en el aire durante el intervalo que uno desee (levite) y además que se dirija adonde uno quiera (vuele) ya es algo más complejo de lograr.

Mantener un cuerpo en el aire requiere que la fuerza gravitatoria esté equilibrada por otra fuerza que lo sostenga a cierta distancia de la superficie terrestre. Por ejemplo, un globo que se infla con aire caliente resulta más ligero que el aire circundante (entonces, más pesado); esta situación alcanza para equilibrar la fuerza de gravedad que atrae al globo al suelo (su peso). Como hay otros factores que afectan su movimiento, el globo termina yéndose adonde lo lleve el viento.

Si al globo se le adhiere un ventilador es posible dirigirlo; de hecho, los globos con ventiladores se llaman dirigibles, como el famoso Zeppelin. Un barrilete también utiliza fuerzas del aire para equilibrar su peso, pero debe permanecer atado en un punto: tampoco puede dirigirse adonde uno quiera. Por otra parte, ni globos ni barriletes son útiles para llevar carga.

Afortunadamente, se consiguió imaginar e inventar los aviones, artefactos que pueden viajar rápido, es posible dirigirlos e, incluso, permiten que se les cargue bastante. La comprensión de cómo logran los aviones contrarrestar la fuerza de gravedad terrestre y la fricción del aire atmosférico es un tema científica y tecnológicamente tan complejo como apasionante.³⁵

Los principios básicos del vuelo se agrupan en una rama de la física llamada *aerodinámica*, nutrida de estudios sobre los gases en movimiento y las interacciones a las que se someten los cuerpos sumergidos en ellos.

En términos físicos, una explicación elemental del vuelo (sin pretensión de ser exhaustiva) necesariamente debe incluir la noción de

35. Al respecto, el docente podría mostrar un video sobre los hermanos Orville y Wilbur Wright, disponible en la colección Maravillas Modernas de *The History Chanel*, titulado “La tecnología de Kitty Hawk”, para presentar un panorama de la inventiva humana ante problemas complejos, como el que plantea desplazarse en el aire sobre un objeto pesado, venciendo una fuerza que jamás dejará de tironearlo hacia el suelo.

fuerza de sustentación, causante del equilibrio del cuerpo volador. En la generación de esa fuerza participan diferentes procesos, entre los que es preciso mencionar:

- Un cuerpo plano, ubicado contra el viento con cierta inclinación hacia arriba,³⁶ puede quedar en equilibrio respecto de las fuerzas gravitatorias (se dice que produce sustentación). Un ejemplo de ello son los barriletes. Conocida esta propiedad, para aprovechar al máximo las fuerzas que se originan por la variación de velocidad y presión, cuando un cuerpo se sitúa en una corriente de aire, se lo construye con formas precisas, mediante diseños que se denominan aerodinámicos. Las formas aerodinámicas son aquellas que favorecen la sustentación y el desplazamiento en el aire. Las alas de un avión son un buen ejemplo de un perfil aerodinámico.
- Cuando un ala se mueve en la atmósfera, se producen torrentes de aire en su entorno (llamados flujos de aire). Esos flujos son proporcionales: (1) a la ubicación hacia arriba que tenga el ala (a mayor ángulo de ataque, mayor es el estrechamiento en la parte superior del ala.) y (2) a la velocidad con que el ala se mueve respecto al aire que las circunda. De esta manera, un ala es muy efectiva cambiando la velocidad del aire: el que fluye por encima es acelerado mientras que el que fluye por debajo es retardado. Incluso, aunque el torrente que pase por arriba tenga un camino más largo, alcanzará el borde de salida antes que el torrente que pasa por abajo.
- La disminución de presión por encima del ala es mucho más pronunciada que el aumento de presión por debajo de ella. La circunstancia en la que la porción del flujo de aire que rodea la parte superior del ala alcanza una velocidad mayor que la porción del flujo que se mueve debajo del ala, se describe por el llamado Efecto Venturi (un fenómeno observado en ciertos fluidos en movimiento que, al atravesar un conducto cerrado, disminuyen su presión y aumentan su velocidad). Como consecuencia de esa mayor velocidad se genera una zona de menor presión de aire y, así, la superficie

36. Aviadores y expertos en aeronáutica, a esa inclinación la llaman “ángulo de ataque”.

superior del ala soporta menos presión que la superficie inferior, un fenómeno que se describe al tratar el Principio de Bernoulli.³⁷

La diferencia de presiones en el ala entre sus partes superior e inferior produce una fuerza que empuja el ala de la zona de mayor presión (abajo) a la zona de menor presión (arriba), en franca conformidad con el Principio de Acción y Reacción de Newton. En otras palabras: cada parcela de aire sufre un cambio temporal en su velocidad al ser incidida por el ala y luego, al alcanzar el borde de salida, tenderá a recuperar la velocidad del aire libre.

Un ala que se mueve a través del aire produce un flujo circulatorio proporcional al ángulo de ataque y a la velocidad con que incide sobre este aire. Ese flujo circulatorio es más rápido por la parte superior que por la parte inferior del ala. La diferente velocidad produce diferente presión y esta presión diferencial produce sustentación.

Además, la corriente de aire que fluye a mayor velocidad por encima del ala, al converger con la que fluye por debajo, dirige a esta última hacia abajo, produciéndose una fuerza de reacción adicional hacia arriba. La suma de estas dos fuerzas es lo que se conoce como fuerza de sustentación que, en definitiva, es la que mantiene al avión en vuelo.

Una persona que salta vuelve a la superficie terrestre casi inmediatamente; si arroja un objeto, sucede lo mismo, irremediablemente regresará al suelo. Por otra parte, la capacidad de volar ha sido un ideal de los seres humanos desde hace milenios³⁸ y se ha conseguido apenas poco más de un siglo atrás, a través de la tecnología, es decir, mediante el uso de máquinas voladoras.

En la literatura universal, los seres alados ocupan muchos relatos y protagonizan epopeyas míticas y místicas, sea porque sus alas fueran artificiales (Ícaro, por ejemplo) o bien nacieron con ellas (algunos arcángeles).

37. Da cuenta de cómo se comporta un fluido en movimiento en un conducto cerrado (la energía del fluido permanece constante durante su recorrido). Si las partículas de aire aumentan su velocidad es a costa de disminuir su presión y viceversa: para cualquier parcela de aire, alta velocidad implica baja presión, y baja velocidad supone alta presión. Esto ocurre a velocidades inferiores a la velocidad del sonido ya que a partir de esta, suceden otros fenómenos que afectan esa relación.

38. Podemos echar mano a múltiples leyendas, cuentos y novelas que dan cuenta de ese deseo.

En las historietas de superhéroes, hay diversos personajes voladores que tienen alas, como la bella “Lucero del Alba” (*Dawnstar*) –que las bate tanto en la atmósfera como cuando se desplaza por el espacio interestelar– o el rudo Hombre Halcón (*Hawk Man*) cuyas alas son en realidad un complejo dispositivo antigravitatorio.

En su pormenorizado análisis de la física de los superhéroes, Kakalios (2006) indaga si realmente es posible que un hombre vuele con alas. Para ello considera la contextura de Warren Worthington III, un superser creado por S. Lee y J. Kirb en 1963, para el célebre grupo superheroico conocido como “Los X-Men”. La historia de Warren es la de un ser humano común que en su adolescencia experimentó una extraña mutación: le crecieron alas en sus omóplatos; entonces adoptó el alias de Ángel.

Según la ficha del personaje, mide 1,8 m y pesa 68 kgf. Para elevarse, por lo tanto, sus alas deberían proporcionarle una fuerza sobre el aire hacia abajo de al menos esos 68 kgf, de modo que la reacción del aire sobre las alas equilibre su peso y lo mantenga por encima del suelo.

Si desea además acelerar y volar, entonces las alas de Ángel deberían proporcionarle una fuerza mayor que su peso con el fin de que surja una fuerza de sustentación que le depare una aceleración neta en el aire. Por ejemplo, si sus alas suministran una fuerza ascendente de 100 kgf mientras la gravedad ejerce una fuerza descendente de 68kgf, entonces Ángel experimentará una fuerza neta y vertical de 32 kgf.³⁹

Cuando deja de batir sus alas, sólo actúa sobre Ángel la fuerza gravitatoria, que lo empuja hacia el suelo. Cuando está en el cielo eventualmente podrá planear, pero deberá continuar aplicando una fuerza hacia abajo sobre el aire para volar de verdad y no deslizarse solamente.

Considerando la segunda ley de Newton una vez más (en símbolos $F = m \cdot a$) y considerando la masa de Ángel, esa fuerza hacia arriba crea una aceleración de $a = 3,35 \text{ m/s}^2$ que le permite pasar de 0 a 96

39. Unos 100 kgf es una fuerza considerable para que la apliquen las alas de Warren, pero es razonable que una persona pueda presionar con algo más del peso de su cuerpo. Hay múltiples ejemplos de pájaros (como el cóndor o el albatros) que aunque de gran contextura son capaces de generar suficiente fuerza para volar (Kakalios, 2006).

km/h en poco más de ocho segundos (8s) despreciando la considerable resistencia del aire.

Ahora bien, los principios físicos que facilitan cierto entendimiento sobre el fenómeno de vuelo y que traducidos técnicamente permiten construir artefactos para volar, no son muy útiles para dar cuenta de la capacidad de vuelo que adquirió Superman a mediados de la década de 1940.

Superman no tiene alas y su cuerpo, semejante en su textura al de un ser humano, no presenta justamente un diseño aerodinámico.⁴⁰ Si bien la diferencia de las gravedades entre Krypton y la Tierra permite fundamentar razonablemente sus saltos extraordinarios, resulta anodino utilizar la misma causa para explicar su vuelo.

Como ya lo mencionamos, paulatinamente se sumaron nuevas y diversas causalidades para sus superpoderes pero ninguna daba cuenta de las habilidades (¡ni de su evolución!) que muestran las historietas. El Superman actual domina la gravedad de forma desconocida para la Física. No sólo consigue dominar la gravedad terrestre sino también la atracción gravitatoria que puede producirle un planeta gigantesco o una estrella cuando se acerca en alguna de sus travesías espaciales.

Como sucedió con otros superpoderes del kriptoniano (superfuerza, superoído, supervisión –de rayos X, calorífica, telescópica, microscópica–, superaliento, supergusto, etcétera), su habilidad voladora lo convirtió para siempre en un personaje fantástico, ya que Superman no sólo puede volar, sino elegir el itinerario que desea en el instante de impulsarse y, ya en el aire, alterar a voluntad tanto su trayectoria como su rapidez, sin que ningún agente externo parezca influir en su albedrío (Kakalios, 2006).

Por lo tanto, respecto del vuelo de Superman, convendrá hacer un pacto con el personaje para entrelazar la ficción con la realidad y considerar que se trata de un ser capaz de dominar cualquier tipo de interacción física, no sólo la gravitatoria. Entonces sí, la excepción milagrosa queda establecida y sólo resta el disfrute de sus aventuras.

40. En las primeras ilustraciones aparecía en poses semejantes a las de un salto o un trote por el aire; al volar, se lo ha dibujado en pose aerodinámica (por ejemplo, con su cuerpo extendido en el aire, con los brazos extendidos).

Nota astronáutica

Hasta aquí se ha hablado de volar en el sentido convencional: un objeto o un ser vivo que se desplaza en la atmósfera terrestre. Pero desde el siglo XX, hay objetos que se desplazan fuera de la Tierra, que viajan a otros mundos, incluso que han salido del Sistema Solar y se dirigen a otras estrellas. Esos movimientos están lejos de parecerse al vuelo que se ha descrito, aunque muchas veces se use la misma palabra para indicar su movimiento en el espacio.

Las naves espaciales, sondas, satélites y demás artefactos astronáuticos no utilizan los principios físicos del vuelo para trasladarse por el cosmos. En gran medida se mueven en trayectorias definidas, utilizando la gravedad de los mundos que atraviesan o hacia donde se dirigen. Sólo los transbordadores espaciales combinan ambas destrezas físicas: la de sacar provecho del campo gravitatorio terrestre para orbitar el planeta, y la del vuelo, para aterrizar.

Los superhéroes, sin embargo, parecen desconocer cualquier principio gravitatorio fuera de la Tierra, excepto la gravedad superficial de los mundos que visitan. Es evidente comprobar que el entrenamiento de Superman en la atmósfera terrestre, por ejemplo, le permite realizar las mismas maniobras de vuelo en el vacío extraterrestre. Si se debe acercarse a un astro de gran masa, como el Sol o un conjunto de estrellas, su presencia no lo inmuta en absoluto. Superman, incluso, escoge cambiar abruptamente su rapidez o la dirección de su trayectoria espacial sin que la gravedad alguna haga que disminuya o se anule el dominio de su cuerpo o su estabilidad.

Superpoderes gravitatorios

En esta sección incluimos algunos personajes que fueron concebidos ex profeso para dar cuenta de un superpoder que dominase la gravedad. Como mencionamos, hay superhéroes místicos que consiguen esa habilidad a través de fuerzas ocultas y talismanes, dos agentes no naturales de los que no nos ocuparemos.

La identificación de una fuerza o poder como “no natural” o “sobrenatural” parece ser un código establecido en las historietas de superhéroes (aunque no sólo en ellas) para indicarle al lector que no debe buscar una causa lógica en su origen, a diferencia de otros poderes que sí abren la posibilidad para un eventual entendimiento científico. Análogamente esta situación recuerda bastante a ciertas historietas de Superman cuya trama interrumpía o diversificaba mucho el devenir y la historia del personaje y, por ello, se las anunciaba como: “Esta es una historia imaginaria”, dejando claro que todo el resto constituía la realidad.

Con las descripciones dadas a continuación esperamos que el docente lector encuentre nuevos elementos para conversar en su clase sobre los fenómenos gravitatorios, vinculando los superseres con diferentes modos de describir los fenómenos gravitacionales. Un listado con otros personajes de *comics* con poderes vinculados con la gravitación fue incluido en el **Apéndice N° 3**. Por último, como complemento, en el **Apéndice N° 4**, se hallará la descripción de un singular artefacto para volar, de los tantos que aparecen en el mundo de los superhéroes. Advertimos al lector que en esas narraciones aparecerán nuevos mundos ficticios, recurso infaltable en este tipo de relatos.

Finalmente, una estrategia para motivar a los estudiantes consistiría en imaginar un nuevo personaje con un nuevo superpoder que involucre o no las fuerzas gravitatorias ya que, como ha expresado Blanco (2006): “Es más didáctico pensar en cómo la ciencia haría posible ciertas situaciones imaginarias, que pensar en por qué serían imposibles”.

Astro: manipulador de masas

Astro es un personaje creado en 1961 por los artistas Binder y Papp; su denominación original es *Star Boy* (“Muchacho estelar”).⁴¹

41. *Adventure Comics* N° 282 (1961).

Se trata de un ser humano que integra el universo de Superman, pero no de su presente, ya que su vida se desarrolla en el futuro: se trata de un adolescente del siglo XXX. Su nombre terrestre es Thom Kallor y nació en ocasión que sus padres, también humanos y astrónomos de profesión, realizaban observaciones desde un telescopio espacial en órbita alrededor del planeta Xanthu.⁴²

Thom no sólo fue concebido y nació en el espacio, sino que allí creció durante los primeros años de vida. Por alguna causa que aún se desconoce (aunque atribuida al entorno espacial donde vivía) Thom adquirió la extraordinaria habilidad de aumentar temporalmente el peso de los objetos y/o de las personas.

Concretamente, lo que logra hacer Astro es transferir a un objeto o persona, temporalmente, parte de la masa de una estrella cercana. Su poder, entonces, consiste en manipular la masa del universo, reorientándola a voluntad. Por ello se lo conoce como un superhéroe capaz de controlar la gravedad (basta con recordar la Ley de Gravitación Universal para entender por qué el aumento de masa puede modificar la fuerza gravitatoria).

Cuando el efecto cesa, el cuerpo afectado recobra su masa original y la masa adicionada retorna a la estrella despojada por el superhéroe. De este modo, Astro logra aumentar el peso de una persona para inmovilizarla, variar la densidad de un cuerpo, hundir una ciudad entera o, incluso, generar agujeros negros. En las historietas actuales, este superhéroe está perfeccionando su habilidad para crear agujeros de gusano que permitan conectar diferentes zonas del cosmos.

42. Xanthu es un planeta donde todos sus habitantes se interesan por los astros. Tiene un número altísimo de astrónomos, astronautas y ocupaciones relacionadas con el cosmos. Se destaca Puerto Xanthu, el principal centro de investigación, donde están los mejores navegantes, pilotos y expertos en medicina espacial. [*Legión de Superhéroes*: N° 40 (1987), N° 46 (1988), N° 55 (1988)].



En la viñeta de la izquierda, ante la mirada de otros superhéroes, Astro aplica sus poderes para reducir un enemigo y dice: “No importa que estén acostumbrados a grandes gravedades. Mi poder puede hacer que se sientan demasiado pesados para moverse... ¿Lo ves?”⁴³



43. P. Levitz, G. Larocque y M. DeCarlo (1987) “¡Starfinger Ataca!” en *Legión de Superhéroes* N° 9, Ed. Zinco, Barcelona, viñeta de p. 14 y ficha de p. 31.

Centella, manipuladora de interacciones



II Centella (por June Brigman y Roy Richardson)⁴⁴

Creada en 1963 por el escritor Hamilton y el dibujante Forte, *Lightning lass* (tal la denominación original de Centella)⁴⁵ es una jovencita que, si bien es humana, nació en un planeta llamado Winath. Su nombre auténtico es Ayla Ranzz, gemela de Garth Ranzz, y ambos hermanos menores de Mekt Ranzz. Todos viven en el siglo XXX, como el ya mencionado Astro.

De regreso de un viaje espacial, la nave que llevaba a los tres Ranzz se averió y debieron descender en busca de eventual auxilio en un mundo conocido como Korbal.⁴⁶ Allí fueron atacados por las bestias

⁴⁴. En *Legión de Superhéroes* N° 11, Ed. Zinco, Barcelona, p. 32.

⁴⁵. *Adventure Comics* N° 308, DC Comics, 1963, Estados Unidos.

⁴⁶. Korbal es un asteroide pequeño habitado por unas extrañas bestias energéticas, que producen descargas eléctricas de gran poder [*Legión de Superhéroes*: N° 16 (1985) y N° 51 (1988), DC Comics, Estados Unidos].

relámpago, unas criaturas que emanan electricidad para atacar a sus presas. En lugar de ser destruidos, los Ranzz sobrevivieron al ataque fulminante de las bestias korbalianas y, además, obtuvieron el formidable poder de generar y manipular electricidad por sí mismos. Usando su nuevo poder, repararon la nave y volvieron a Winath.

Así como los gemelos Garth y Ayla Ranzz decidieron usar su habilidad eléctrica para defender la justicia y luchar contra el crimen (de allí sus moteles “Relámpago” y “Centella”, respectivamente), su hermano Mekt la empleó para el mal, convirtiéndose en un supervillano de gran fama en la galaxia.

La carrera como heroína de Ayla no duró mucho tiempo, ya que sus compañeros de la Legión de Superhéroes (un club de adolescentes superpoderosos del siglo XXX) determinaron que sus poderes eléctricos eran una amenaza para su propia vida. Lejos de amilanarse, Ayla dejó que una científica del planeta Naltor⁴⁷ cambiara su poder eléctrico por el de manipular la gravedad.

La nueva súper habilidad de Ayla permite hacer que los objetos sean superlivianos (tanto, que una persona podría sostener en sus manos una montaña afectada por su poder) ya que consigue anular la fuerza de gravedad. Ayla no interviene sobre la masa de los cuerpos (como Astro) sino actúa directamente sobre la interacción gravitatoria: puede disminuirla o anularla, tanto temporal como definitivamente.

Con su nuevo poder gravitatorio, Ayla cambió su atuendo, acortó su seudónimo a *Light Lass* (algo así como *Muchacha liviana*, nunca usado en Argentina) y en poco tiempo demostró un gran dominio de su nueva supercapacidad (logró incluso anular un agujero negro).

47. Naltor es un mundo matriarcal donde todos los habitantes tienen la habilidad de percibir breves destellos del futuro. El gobierno y la economía de Naltor están estructurados en función de ese conocimiento común sobre los acontecimientos que se van a producir. Aunque la conjetura científica abunda, la experimentación real es más bien rara, debido a que sus resultados pueden ser observados con anterioridad. Los niveles de tecnología son bastante importantes en Naltor, pero la preferencia de los naltorianos por el poder de las profecías hace que su posición oficial más elevada esté basada en el misticismo y no en la lógica. La autoridad más importante es el Vidente Supremo, quien tiene la facultad de elegir a su propio sucesor. [Revista *Legion of Superheroes*: N° 16 (1985), N° 49 (1988), N° 51 (1988) y N° 56 (1989), DC Comics, Estados Unidos].

Geofuerza, manipulador del campo gravitatorio



II Ilustración de Geofuerza.

Creado en 1983 por los artistas M. Barr y J. Aparo, *Geo Force* (Geofuerza) es el seudónimo superheroico de Brion Harkov, príncipe de un reino llamado Markovia.⁴⁸ Sus poderes no son intrínsecos, sino adquiridos al usar un dispositivo especialmente construido para tal efecto, por una científica llamada Helga Jace. Ese dispositivo puede ser activado y operado sólo por una persona con sangre real.

Todo el poder de Geofuerza se vincula con nuestro planeta: proyecta lava y genera tsunamis o terremotos, entre otras habilidades. Pero el superhéroe se destaca, no obstante, por su control del campo gravitatorio terrestre, que Geofuerza manipula a voluntad para lograr diversos efectos; entre ellos el más común es lograr que un cuerpo sea más o menos pesado. El poder de este súper príncipe se hace más intenso cuando se halla sobre la superficie terrestre y disminuye si se aleja del planeta (en franca correspondencia con la dependencia de la LGU con la distancia entre los cuerpos que interactúan).

Graviton, manipulador de partículas

El joven Franklin Hall era un ser humano normal, doctor en Física y experto en tele-transportación. Un día, participando de un experimento en un centro de investigación de Canadá, aparentemente por un error en sus cálculos se produce una gran explosión, con la que su vida cambió para siempre.

En lugar de perecer en la catástrofe, el resultado fue que los gravitones y los antigravitones (partículas semejantes a los gravitones, pero de acción opuesta)⁴⁹ se combinaron con las moléculas de Hall y el canadiense descubrió entonces que podía controlar la gravedad con su mente.

Al comienzo el científico ocultó su superpoder, pero luego adoptó el seudónimo de Graviton y se convirtió en superhéroe. Hall puede aumentar o disminuir la fuerza de gravedad que actúa sobre un cuerpo o una persona, manipulando los gravitones y/o antigravitones a su voluntad. También es capaz de manipular esas partículas para generar explosiones, formar campos de fuerza (gravitatoria) y tanto levitar como volar.

48. Revista *The Brave and the Bold*, N° 200, DC Comics, julio de 1983, Estados Unidos.

49. Entre las hipótesis que plantea la Mecánica Cuántica, los gravitones serían partículas elementales (de la familia de los bosones) responsables de transmitir las interacciones gravitatorias.

Graviton puede conseguir que un cuerpo irradie un número suficiente de gravitones para que genere su propio campo gravitatorio capaz de atraer tanto la materia cercana como la energía. Ahora bien, su dominio de la gravedad tiene límites: es efectivo hasta unos cuatro kilómetros desde su ubicación, ese es el alcance máximo de su poder y consigue aplicarlo a la máxima potencia hasta ocho horas seguidas; cumplido ese lapso, Graviton comienza a sentir severos síntomas de fatiga mental. Creado por los artistas Jim Shooter y Sal Buscema, la primera aparición de Graviton fue en abril de 1977.⁵⁰

La gravedad ausente (*pop science*)

En los primeros años del siglo XX comenzó a gestarse una nueva teoría sobre la gravedad. Su autor fue A. Einstein y entre sus predicciones y verificaciones, podemos mencionar las siguientes:

Predicciones	Confirmaciones experimentales
La luz es desviada al pasar cerca de un cuerpo masivo (por ejemplo, el Sol).	El fenómeno fue observado durante el eclipse solar del 29 de mayo de 1919.
Se deben producir perturbaciones que modifiquen la órbita de Mercurio, de modo que se observe cierta precesión de su perihelio.	Un fenómeno que ya era conocido cuando Einstein elaboró su teoría de la gravedad, la que consiguió explicar convincentemente el fenómeno.
Cambio en la rapidez con la que fluye el tiempo, en un campo gravitatorio. ⁵¹	Medido experimentalmente por J. C. Hafele y R. Keating en 1971; utilizaron relojes atómicos en aviones y compararon sus lecturas con las de un reloj semejante, fijo en Tierra.
Existencia de <i>ondas gravitacionales</i> . ⁵²	En las observaciones astronómicas realizadas por Hulse y Taylor, en 1975, hechas en el sistema doble estelar PSR 1913, se hallaron evidencias indirectas de este tipo de ondas.

⁵⁰. Revista *Avengers* N° 158, Marvel Comics, abril de 1977, Estados Unidos.

⁵¹. Einstein señaló que la medida del tiempo no es absoluta. Considerando dos observadores, el tiempo medido entre dos eventos por esos observadores en general no coincide sino que aparece una medida diferente para cada uno; esa diferencia en las medidas está vinculada con el estado de movimiento relativo entre dichos observadores.

⁵². Una onda gravitacional puede imaginarse como una perturbación de la curvatura del espacio-tiempo que se propaga en forma semejante al movimiento de una onda en la superficie del agua. Dado que la gravedad puede interpretarse como una curvatura del espacio-tiempo, las ondas gravitatorias son ondas de la estructura misma del espacio.

Predicciones	Confirmaciones experimentales
Existencia de objetos ultra-compactos de gran gravedad (<i>agujeros negros</i>)	Fenómenos semejantes se observan en los núcleos de muchas galaxias.
Distorsión de la visión de un objeto, cuya luz debe llegar pasando por la cercanía de objetos masivos (efecto de <i>lente gravitacional</i>)	Un efecto detectado frecuentemente en la observación de astros lejanos mediante potentes telescopios, cuya luz llega a la Tierra luego de pasar por la cercanía de cuerpos muy masivos (galaxias).
Equivalencia entre <i>masa gravitacional</i> y <i>masa inercial</i> .	Comprobada experimentalmente por Roll, Krotkov y Dicke, en 1964.
Desplazamiento de las líneas espectrales hacia las grandes longitudes de onda (<i>corrimiento hacia el rojo</i>) en presencia de un campo gravitatorio.	Rebka en 1959, en la Universidad de Harvard.

Las dos leyes con las que Einstein propuso reemplazar la Ley de Gravitación Universal de Newton, pueden resumirse como sigue (Feynman *et al.*, 1972):

1. Da cuenta de cómo cambia la geometría del espacio cuando hay materia presente (puede decirse que se genera cierta deformación o curvatura).⁵³ La curvatura que experimenta el espacio es proporcional a la masa que interacciona con él.
2. Expresa cómo se mueven los cuerpos si solamente experimentan fuerzas gravitatorias.

Esta idea de gravedad como curvatura del espacio, prácticamente no existe en las clases de Física de la Educación Secundaria. Apenas es esbozada por algunos profesores cuando mencionan ciertos rasgos del campo gravitatorio o cuando, eventualmente, muestran esquemas específicos para explicar fenómenos extraordinarios, como un agujero negro.

Quizás en razón de que en la vida cotidiana aún alcance con comprender la LGU de Newton para explicar los fenómenos gravitatorios observables, la naturaleza relativista de la gravedad continúa ausente de las aulas.

Consecuentemente, a diferencia de lo ocurrido con la Mecánica Clásica (por ejemplo, con Astro) o con la Mecánica Cuántica (por ejem-

53. Evitaremos aquí hablar del espacio-tiempo, por lo que estas consideraciones son sólo una aproximación aceptable a las ideas de la Teoría de la Relatividad relacionadas con la gravedad.

plo, con Graviton) los postulados de Einstein aún no han inspirado ni engendrado a superhéroe alguno que desarrolle poderes relativistas para generar efectos gravitatorios, como por ejemplo, deformar el espacio.⁵⁴

Si un espectador atento, durante una película ficcional sobre la independencia argentina, detecta que del uniforme de un soldado patriota cuelgan los auriculares de un MP3, luego de la sorpresa probablemente sentirá hilaridad y algo de decepción por la “falla” evidente en la historicidad del personaje. Algo semejante ocurriría si en el cielo de un campamento de cavernícolas se ve cruzar un helicóptero. Este tipo de anomalías no pasan desapercibidas para un observador medio, y mucho menos para uno meticuloso. Aunque algo menos frecuentes, no siempre son artefactos los que disparan la contradicción: suelen filtrarse también conceptos que resultan inadmisibles para el personaje que los enuncia.

Por otra parte, el convencimiento personal sobre la certeza del conocimiento adquirido (sea escolarizado o no) también provoca deslices de interpretación, que justifican de alguna manera la pasividad con que se toman algunas secuencias de ficción. Ya en 1976, Basalla encontraba que existían influencias externas a la imagen de la ciencia enseñada en la escuela, que se fijaban en las que denominó “imágenes alternativas” o *pop science*; determinó además que esas imágenes son principalmente un producto de los medios de comunicación (cine, TV, etc.) y que las personas las aceptaban acríticamente (Gallego Torres, 2011).

Un ejemplo local sucede hacia los 12 de octubre, cuando muchas revistas y periódicos (como también las clásicas películas que llegan del cine a la TV y/o, incluso, documentales transmitidos en esa época) siguen nutriéndose con imágenes de Cristóbal Colón, en su carabela, oteando el horizonte con un telescopio o catalejo. Esta semblanza, en franca contradicción histórica ya que ese instrumento fue inventado casi un siglo después del descubrimiento de América,⁵⁵ no genera conflicto alguno y, mucho menos, hilaridad.

54. Una primerísima aproximación surgió hace unos años, en la nueva interpretación dada a cierto “*anillo de vuelo*” usado por algunos superhéroes (Apéndice 4).

55. Inventado a principios del siglo XVI en Holanda, es Galilei quien lo utiliza por primera vez como instrumento para observar los astros en 1610.

De la misma manera, el mundo en el que actúa un superhéroe parece regirse por la realidad, es decir, por las leyes físicas cultural y científicamente aceptadas, salvo la excepción milagrosa planteada para su superpoder en función del entretenimiento del lector.

Ahora bien, cuando esa excepción se realiza sobre una ley que la ciencia actual considera primitiva o cuanto menos limitada, sería deseable esperar que el lector de la historieta (o el espectador de la película) identificase al menos la anomalía real que revela esa excepción.

Considerando los fenómenos gravitatorios –aclaramos que no es un ejemplo excluyente– podemos reflexionar también acerca de que las excepciones que deben aceptarse como parte del disfrute de una historieta o un filme de ciencia-ficción, se construyen y quebrantan sobre una idea de gravedad (Newton mediante) que actualmente se considera un caso particularísimo de una teoría mucho más general (Einstein mediante).

Aparece así una situación paradójica, porque el pensamiento científico que admite la excepción milagrosa para desatar la ficción es, en realidad, parte del entramado de una *pop science*, mientras la ciencia real –en este caso la física– sigue totalmente ausente. Parte de la paradoja puede infiltrarse en la clase, ya que si el docente señala que tal personaje es irreal o una situación es absurda simplemente porque “no cumple la ley de gravitación universal”, deja afuera una serie importante de fenómenos reales que tampoco lo hacen, pero cuya predicción y comprobación ha dado origen a una de las teorías científicas más exitosas de todos los tiempos.

Perspectivas

No sólo leer historietas de superhéroes, sino también novelas y cuentos de ciencia ficción (incluso fantásticos o mágicos) pero con mirada crítica, puede colaborar a introducir conceptos científicos, términos lingüísticos, formas de razonamiento que son susceptibles de comparación con ideas habituales y de uso cotidiano, y con ideas científicas de última producción. Además, comprobar que, en ocasiones, esa realidad no es tan razonable como pudiera parecer, nos permite forzar la realidad. (Oñorbe, 2009).

En síntesis, dejamos la propuesta de utilizar historietas de superhéroes (o en su defecto, fragmentos de filmes sobre estos personajes)

con objetivos semejantes a los planteados por Moreno y José (2009):

- Demostrar el potencial de la ciencia ficción, en sus diferentes manifestaciones (cine, literatura e historietas) para motivar, interesar y cambiar actitudes negativas hacia la tecnociencia.
- Fomentar el pensamiento crítico y desarrollar el escepticismo.
- Mostrar el carácter interdisciplinario de la tecnociencia.
- Reflexionar sobre el mundo que nos rodea y el progreso tecnológico, a través de otros mundos imaginarios.

No se agotan aquí las posibilidades de ponderación sobre este tipo de estrategia ni sobre el uso de la ficción en las clases de ciencia, apenas resumimos algunos de los aportes relevantes sobre el tema.

Hay bastante por decir todavía y muchos profesores e investigadores seguramente aportarán más elementos para optimizar la propuesta, generando nuevas variaciones de galumphing educativo. Por tal razón, finalizamos este artículo con una sentencia frecuente en las historietas, quizás la mejor anclada en el pensamiento científico, ya que sostiene el interés y fomenta la curiosidad: **“¡Esta historia continuará!”**.

Enseñar Física. Un pacto con la ficción

Apéndices

Apéndice 1. La obstinación de Le Verrier

El enorme crédito académico de Le Verrier fue suficiente para convencer a la mayor parte de los científicos contemporáneos de la existencia de Vulcano. Algunos destacados astrónomos de la época, como el canadiense J. Watson y los norteamericanos S. Newcomb y E. Holden, apoyaron la existencia del nuevo mundo intermercurial. Así, Vulcano adquirió la entidad de planeta del Sistema Solar desde que fue enunciado, sólo restaba hallarlo y registrar sus posiciones, algo que no ocurrió inmediatamente.

Como hiciese años antes, Le Verrier estableció los elementos orbitales del nuevo mundo, determinó su masa y calculó la posición exacta donde hallarlo observacionalmente. A diferencia de lo que ocurrió cuando postuló a Neptuno, en esta oportunidad se apuntaron telescopios por toda la Tierra... pero nadie lo encontró. Le Verrier, desconcertado, advirtió entonces que Vulcano era un astro de difícil detección por su extrema cercanía al Sol.

Sorpresivamente llegó la noticia de que E. Lescarbault, un médico aficionado a la astronomía, había observado a Vulcano como un cuerpo opaco que transitaba sobre el disco solar; era marzo de 1859. Lescarbault descartó que fuese una mancha solar⁵⁶ ya que detectó un desplazamiento similar al de un planeta en tránsito.⁵⁷

Lescarbault escribió una carta a Le Verrier relatando su descubrimiento y este lo visitó. Aunque el mismo Le Verrier comentó más tarde que los registros de la observación de aquel tránsito misterioso dejaban mucho que desear, y que los instrumentos utilizados por el médico/astrónomo eran rudimentarios, la descripción de Lescarbault fue tan minuciosa y con tal lujo de detalles, que Le Verrier no sólo le creyó sino que propuso que se le condecorase como “Caballero de la Legión de Honor de Francia”.

Evocando la euforia vivida con Neptuno, Le Verrier anunció al mundo el descubrimiento de Vulcano en enero de 1860. Presentó algunos datos, calculados por él mismo con los registros de Lescarbault,

56. Son zonas de la superficie solar cuya temperatura es menor que sus contorno, características por sus intensos campos magnéticos.

57. Es un fenómeno en el que los planetas Mercurio y Venus se observan atravesando el disco solar.

como su distancia al Sol (21.000.000 km), su período de revolución (19 días y 7 horas) y la inclinación de su órbita (algo más de 12°).

De nada sirvieron los testimonios del astrónomo E. Liais, quien negó rotundamente que planeta alguno hubiera transitado el disco solar en esa época, ni que Liais fuese astrónomo y en esa época estudiara el Sol con un telescopio más potente y sofisticado que el de Lescarbault.

La noticia del descubrimiento de Vulcano fue tomada con cautela por la comunidad científica internacional, ya que para entonces varios astrónomos desconfiaban de su existencia. Tan sólo la enorme fama de Le Verrier apaciguaba la incerteza general, pero... resultaba curioso que Vulcano no fuese observado por ningún astrónomo profesional, en observatorio alguno, con los más avanzados instrumentos de la época.

Inquieto y preocupado, Le Verrier recalculó las condiciones de observación y brindó nuevos lugares y momentos para hallar a Vulcano, pero el resultado fue el mismo: nadie conseguía redescubrirlo. En ocasiones, era evidente que se trataba de observaciones de manchas solares, identificadas como el planeta buscado.

Quienes aún creían en la existencia de Vulcano se preguntaban: *¿cómo detectar un astro tan esquivo?*

Le Verrier aportó una nueva pista: se haría visible durante los eclipses de Sol, cuando la luminosidad solar se hallase opacada por el disco lunar. A continuación, comenzó a distribuir nuevos cálculos de las posiciones para hallarlo adaptados a las fechas de los eclipses venideros.

Incluso así, nadie encontró a Vulcano. Parecía evidente que efectivamente se trataba de un planeta ficticio y su existencia comenzó a convertirse en un mito de la astronomía. Así, la confianza en los datos de Le Verrier empujó al ritmo del crecimiento de la desconfianza sobre la existencia de Vulcano. Finalmente, la Teoría de la Relatividad de A. Einstein, que explicaba las anomalías de Mercurio sin necesitar la existencia de un planeta intermercurial, evaporó los aportes de Le Verrier.

Vulcano, hoy

Desde la ficción

Es un planeta situado a 15 años luz, cuya cultura se conoció por un varón *vulcaniano* que formó parte de la tripulación de la nave Enterprise, en la célebre serie televisiva Star Trek (en Argentina se conoció como "Viaje a las estrellas", 1966) y que dio origen a varias películas (la última del año 2013 "En la oscuridad"), novelas, ensayos, juegos de rol y, por supuesto, caricaturas e historietas. El personaje se llamaba Spock y su apariencia era humanoide. El primer contacto entre vulcanianos y terráqueos se habría producido en 1953.

Desde la ciencia

Es un pequeño mundo descubierto en octubre de 1966 por el astrónomo ruso N. Chernykh, desde Crimea (Ucrania). Vulcano es el N° 4464 y pertenece a la zona interior del cinturón de asteroides. Revolucionó en torno al Sol en casi 3 años terrestres, a casi el doble de la distancia Tierra-Sol. Aclaramos que este mundo no tiene relación alguna con el imaginado por Le Verrier.

A ppendice 2. Sobre el B 612 y otros asteroides ficticios

Datos del mundo B 612 según Saint-Exupéry y según los actuales registros astronómicos.

	Según la ficción	Según la ciencia
Denominación	B 612	612
Nombre	Sin datos	Verónica
Descubridor	Astrónomo turco, sin datos sobre su nombre	Astrónomo alemán, de apellido Kopff
Fecha de descubrimiento	1909	8 de octubre de 1906
Sitio de descubrimiento	Desde Turquía	Desde Alemania (Heidelberg)
Período de rotación ⁵⁸	24 horas	Sin datos
Período de traslación ⁵⁹	Sin datos	5 años y algo más de 7 meses
Distancia al Sol	Sin datos	Mínima: 2,3 UA ⁶⁰ Máxima: 3,9 UA
Forma	Muy similar a una esfera	Sin datos
Tamaño (diámetro)	Aproximadamente 3 metros	Casi 38 kilómetros
Superficie	Irregular, con geoformas ⁶¹	Sin datos
Presencia de atmósfera	Sí, similar a la terrestre	Sin datos
Presencia de vida	Sí, similar a la terrestre ⁶²	Sin datos

En principio, Saint-Exupéry indicó que el principito atravesó una zona del Sistema Solar identificada por cierta sucesión numérica de pequeños planetas, como si tal serie pudiese demarcar un sector en particular del espacio.

Los planetitas que visitó el principito antes que la Tierra, fueron seis: los numerados 325, 326, 327, 328, 329 y 330. Pero los asteroides

58. Duración del día, en unidades terrestres de tiempo.

59. Duración del año, en unidades terrestres de tiempo.

60. UA son las siglas de *Unidad Astronómica de distancia* y equivale a la distancia media de la Tierra al Sol: unos 150 millones de kilómetros.

61. Por ejemplo, hay grandes planicies, montículos y algunas montañas.

62. Se han detectado insectos, mamíferos y diversas clases de plantas (flores, arbustos, entre otros.).

pueden tener una numeración consecutiva y hallarse en lugares muy distantes unos de otros; o bien, si realmente sus órbitas están cercanas, no necesariamente se hallan, al mismo tiempo, todos en la misma zona del espacio; lo más probable es que se encuentren alejados entre sí. Lo que sí puede señalar una numeración consecutiva es una época próxima de descubrimiento de esos astros.

Según los registros astronómicos, de los seis planetas mencionados en el texto, cuatro fueron descubiertos por la misma persona, mientras que los dos restantes, por astrónomos diferentes. Destacamos que ninguno de ellos tenía nacionalidad turca. Cinco fueron descubiertos en el siglo XIX en el mismo mes (marzo) del mismo año (1892) y sólo uno, en el siglo XX. Finalmente, los seis fueron hallados desde Europa. El más cercano a la Tierra es donde habita el geógrafo (330) y el más distante (325) es un mundo con un rey vestido de púrpura y armiño. El planeta pequeño de mayor tamaño (328) es aquel donde se encuentra el hombre de negocios aunque, en realidad, aún no hay datos del mundo del geógrafo, señalado por Saint-Exupéry como el más vasto. Con esa salvedad, entre los asteroides visitados, el más pequeño es el mundo habitado por el borracho. En la siguiente tabla se muestran algunos de los datos extraídos de modernos archivos astronómicos.

Asteroides mencionados en El principito						
	325	326	327	328	329	330
Denominación	Heidelberg	Tamara	Columbia	Gudrun	Svea	Adalberta
Descubridor y año	M. Wolf	J. Palisa	A. Charlois	M. Wolf		
	1892	1892	1892	1892	1892	1910
Desde	Heidelberg	Viena	Niza	Heidelberg		
Rota en	7 horas	14 horas	7 horas	Sin datos	15 horas	Sin datos
Se traslada en	6 años	4 años	5 años	5 años	4 años	4 años
Diámetro	76 km	93 km	26 km	123 km	78 km	Sin datos
Mínima distancia al Sol	2,66 UA	1,87 UA	2,59 UA	2,75 UA	2,41 UA	1,8 UA
Máxima distancia al Sol	3,74 UA	2,75 UA	2,95 UA	3,45 UA	2,53 UA	3,09 UA

Apéndice 3. Algunos superhéroes con poderes vinculados con la gravedad⁶³

Alexander Power	Es un muchachito con el superpoder de controlar la gravedad. Construye su propio campo gravitatorio y lo manipula a voluntad. Logra disminuir la gravedad para flotar o aumentarla para incrementar su potencia física. También puede generar explosiones repentinamente cambiando la gravedad alrededor de su cuerpo.
Angle Man	("El hombre angular"). El joven Angelo Bend adquirió la capacidad de alterar la gravedad, entre otros singulares superpoderes.
Atalon	Manipula la Tierra y su gravedad.
Baron Hemult Zemo	("El barón Hemult Zemo"). Posee singulares piedras lunares que otorgan la posibilidad de manipular la gravedad, por ejemplo para volar.
Black Hole	("Agujero Negro"). Tiene la capacidad de formar un agujero negro en el pecho.
Blackbeard	("Barbirroja"). Este singular personaje de extrañas habilidades, además de ser un pirata, puede manipular la densidad y la gravedad.
Blackstar	("Estrella negra"). La bella Raquel Berkowitz consiguió desentrañar la teoría del campo unificado, y entonces aprovechar la estructura del cosmos para su provecho, por ejemplo, manipular la gravedad a su antojo.
Bue Celestial	(alias el destructor). Un ser con enormes poderes, entre los cuales se halla el de controlar la gravedad.
Exitar	(alias el exterminador). Entre muchos otros poderes, manipula la gravedad, por ello puede volar y levitar.
Fraktur	Es un alienígena del planeta Kakaranthara, que puede manipular la gravedad, volar y generar campos de fuerza.
Grav	Esta bella muchacha alienígena tiene una gran agilidad y la habilidad de controlar la gravedad.
Gravity	(Gravedad). Puede manipular las partículas que causan la gravedad (gravitones), cambiar el peso de los objetos, volar y formar campos de fuerza gravitatorios.
Harry Leland	Sólo controla la gravedad.
Hexadecimal	Un robot con caracteres femeninos que puede controlar la gravedad, entre otras habilidades.
Imperiox	(alias el devorador de galaxias). Entre otros poderes, puede controlar la gravedad a su antojo, manipular la densidad de los cuerpos, generar campos de fuerza, y levitar.

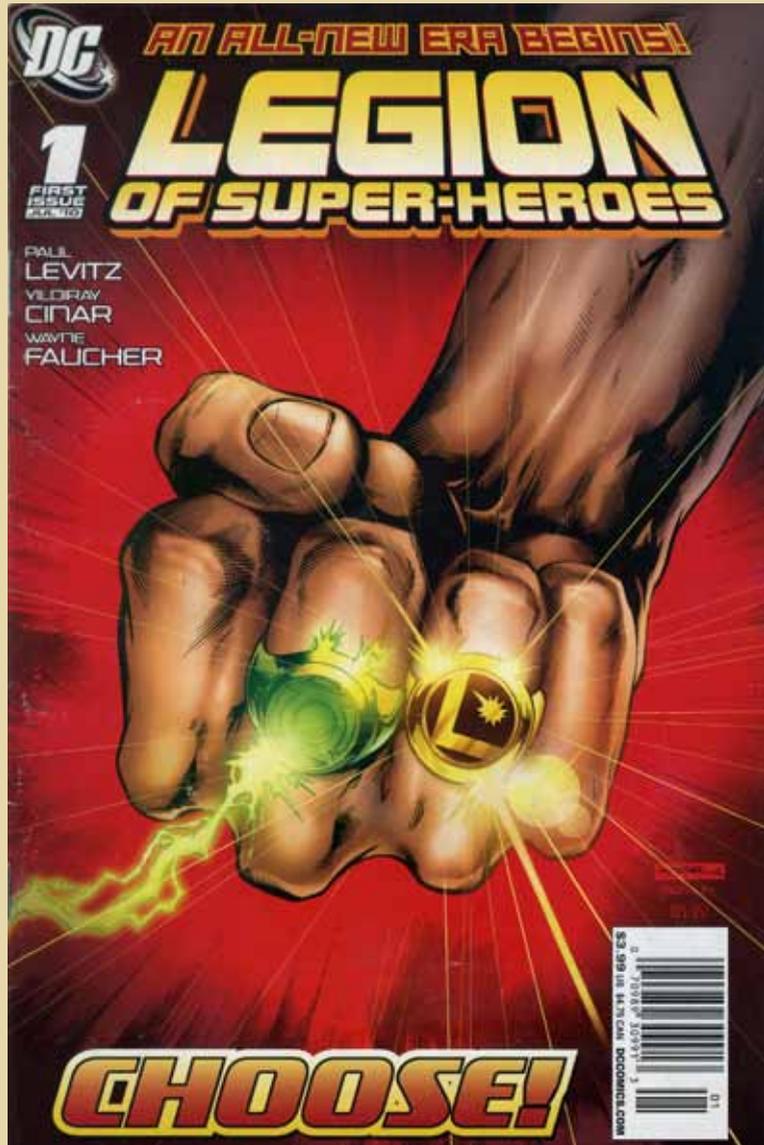
63. Esta lista está lejos de ser exhaustiva.

Kinetix	La bella Zoe Saugin, además de extraordinarias habilidades telequinéticas, puede manipular el peso de los objetos.
Lady Lunar	("Señorita lunar") La joven Stacy Mackin posee el don de superhipnosis y, además, puede controlar la gravedad
Luna	Es una bella muchacha que, como superheroína, sólo tiene poderes gravitatorios.
Man Machina	("Hombre máquina"). Se trata de un robot convertido en superhéroe hasta que fue corrompido por cierta tecnología y el desarrollo de una fuerte aversión por los humanos. Entre sus capacidades tiene un detector de ondas gravitatorias y en ocasiones controla el campo gravitatorio.
Mathematic	("Matemaniaco"). Tiene control sobre las fuerzas fundamentales del universo – como la gravedad – y sobre las reacciones químicas.
Moon Maiden	("Doncella de la Luna"). Entre otros poderes, puede incrementar la atracción gravitacional de la luna sobre los objetos en la Tierra, haciendo que se levanten como si fueran ingravidos. También manipula la gravedad para volar y consigue enfocar las energías gravitatorias de diferentes cuerpos para generar ráfagas energéticas.
Moonstone	("Piedra Lunar"). La Dr. Karla Sofen obtuvo poderes después de que una <i>pedra gravedad Kree</i> , que se hallaba en la Luna, se unió a su sistema nervioso central. Entre sus poderes se destaca la capacidad de enfocar la gravedad en una variedad de formas, incluso explosiones gravitatorias. También es capaz de utilizar las fuerzas gravitacionales a su disposición para manipular y mover la materia y generar campos de fuerza, aumentar la gravedad alrededor de un objetivo y crear agujeros negros en miniatura.
Mysterium	("Misterio"). Puede manipular la densidad y la gravedad a su antojo.
Pain	Este superhéroe tiene el mayor número y diversidad de superhabilidades, entre las que se encuentra la de manejar la gravedad.
Perro	Es un personaje miembro de una especie humana completamente diferente a la conocida, que ha evolucionado biológica, cultural y tecnológicamente, a lo largo de seis mil años. Es invulnerable, tiene una fuerza sobrenatural, que puede controlar las fuerzas gravitatorias.
Sh'ri Valkyr	(alias la valquiria). Es una bella mujer alada del planeta Thanagan, que puede controlar y alterar la gravedad, entre otros superhabilidades.
Sora	Un personaje de Disney que entre otros poderes, puede manejar la gravedad.
Spaceman	("Hombre Espacial"). Puede volar y controlar tanto la densidad como la gravedad.
Spoilspport	("Aguafiestas"). Esta bella jovencita, eterna mascadora de chicles, posee un par de patines especiales con poder para patinar en paredes y techos.
Torque	El joven Cosmo Pluto es un mutante que, además de moverse con supervelocidad, tiene la habilidad de controlar la gravedad.
Vikhor	Este superhéroe ruso, además de controlar el clima también puede hacerlo con la gravedad.
Wizard	("El Mago") Hábil e inteligente, construyó diversos dispositivos que usa para el crimen. Entre ellos se destaca su disco antigravedad que crea atracción natural de un campo repelente de la gravedad y, por lo tanto, capaz de levantar prácticamente cualquier cosa.

A ppendice 4. Tecnología de ficción (para vencer la gravedad)

Il Imagen de dos de los anillos más poderosos del mundo superheróico: el energético de ciertos guardianes del universo llamados “Linternas Verdes” y el anillo de vuelo de los jóvenes de la “Legión de Superhéroes”.

Fuente: Y. Cinar y W. Faucher, Tapa de la Revista *Legion of Super-Heroes* N° 1 “Choose!”, DC Comics, julio de 2010, Estados Unidos.



Los editores de comics de superhéroes se dieron cuenta muy pronto de que la capacidad de volar produce una diferencia relevante entre los personajes. No importa cuán poderoso sea el héroe, si no puede volar definitivamente pierde su encanto (con honrosas excepciones, como Batman). A muchos personajes a quienes no podían adjudicarles ese poder –o bien habían sido creados sin esa habilidad– a lo largo de sus historias se les sumó un artefacto o un objeto con el que podían desplazarse por el aire (¡y por el espacio extraterrestre!) de alguna manera. Hay múltiples ejemplos de ese efecto talismán. Descartando aquellos artefactos que son místicos y/o mágicos, la lista aún es bastante larga, por lo que mencionaremos sólo uno, llamado simplemente anillo de vuelo.

La cronología que rige las historias de Superman es la misma que utilizamos nosotros, es decir, Superman es un personaje contemporáneo. Ahora bien, en su realidad, cuando él viaja en el tiempo hacia el pasado, suele aparecer en épocas y circunstancias históricas que conocemos. En cambio, cuando va al futuro su mundo es muy particular.

Por ejemplo, en sus estadías en el siglo XXX existe un “club” formado por una treintena de adolescentes con singulares superpoderes denominado “Legión de Superhéroes”. A ese club pertenecen Astro y Centella, ya mencionados. Apenas uno o dos de esos legionarios pueden volar por sí mismos, el resto debe viajar de alguna manera para atender sus aventuras terrestres o en otros mundos, surcando el espacio interestelar. Ante esa imposibilidad, uno de los superadolescentes inventó un cinturón de vuelo que permitía anular la fuerza de gravedad y volar al estilo Superman.

Ese cinturón es un dispositivo con forma de faja que el personaje se coloca en su cintura. Según se aprecia en varias viñetas de diversas historias, en el interior del cinturón se aloja el complejo mecanismo antigravitatorio que produce el efecto volador. Como ha sucedido con muchos artefactos reales, a medida que pasaron los años, en las historias de Superman ese artefacto evolucionó, se redujeron sus componentes hasta que en la actualidad es un anillo.⁶⁴

64. El anillo de vuelo de esos superhéroes del siglo XXX es una parte esencial de su equipo; incluso se ha convertido en un emblema de la *Legión de Superhéroes* en sí misma. Pero ese anillo no sólo le da al portador el poder de volar, sino que le proporciona protección contra ambientes adversos, ayuda en la navegación espacial, auxilio en la recolección de datos y le brinda al legionario una forma segura de comunicación.

A diferencia de los antiguos cinturones, la tecnología de los anillos se basa únicamente en las propiedades de un elemento químico natural, conocido como el “metal enésimo”, que sólo se encuentra en el planeta Thanagar.⁶⁵ En su forma pura, el metal enésimo reacciona ante el campo de energía que genera el cerebro de los organismos conscientes que se hallan cerca.⁶⁶

El anillo de vuelo fue inventado por Lyle Norg,⁶⁷ en base a las investigaciones sobre isótopos y aleaciones del metal enésimo realizadas por su compañero legionario, el brillante Brainiac 5, nacido en Colu.⁶⁸ Brainiac 5 halló una aleación singular, libre de los riesgos inherentes del metal enésimo y la denominó *valorium*. Luego, Norg lo estudió y lo usó para construir un nanomecanismo con forma de anillo, que le da al portador la capacidad de volar.

El anillo de vuelo propulsa a su portador en cualquier dirección, en cualquier punto del continuo espacio/tiempo. La velocidad y aceleración que puede adquirir quien use el anillo son enormes, con sujeción únicamente a los límites que impone la velocidad de la luz y a las condiciones que imponga la curvatura local del espacio-tiempo. Según explican los personajes, quien lleve un anillo de vuelo “*puede desplazarse en el campo gravitatorio cuántico universal vectorizando las interacciones de los gravitones omnipresentes*”.

65. El planeta Thanagar orbita alrededor de la estrella Polaris, a más de 58 años luz de nosotros. Está habitado y gobernado por seres humanoides. Aunque no hay un gobierno centralizado (mundial), el planeta tiene una capital llamada Thunaldar, hogar del superhéroe Hawk Man (Hombre Halcón). Hay abundante información sobre este mundo y también de las costumbres de sus habitantes, ya que se han escrito muchas historias sobre él; por ejemplo, los thanagarianos cuentan en sus naves espaciales con un instrumento llamado “absorbascon”, que brinda todo tipo de información acerca de cualquier nuevo mundo que visiten.

66. Así consigue proteger a ese sujeto, acelerando la curación de sus heridas y aumentando su resistencia ante acciones externas que puedan dañarlo; no obstante, se descubrió también que puede ser peligroso para quien lo porte mucho tiempo.

67. Norg es un científico terrestre, más conocido por su seudónimo de superhéroe: “Invisible”, el que da cuenta de su singular superhabilidad.

68. Colu es un mundo habitado por una raza de seres longevos cuya inteligencia es la más desarrollada entre todos los seres vivos de nuestra galaxia. Su civilización, que consiguió realizar viajes en el tiempo, se vio diezmada en una guerra con ciertas computadoras despóticas que dominaban a ese mundo.

Debido a que los anillos de vuelo son capaces de generar aceleraciones formidables y, por lo tanto, cambios de dirección abruptos, podrían prácticamente destruir a las personas que los usen, excepto que sean invulnerables. Por lo tanto, como la mayoría de los miembros de la *Legión de Superhéroes* son vulnerables, Brainiac 5 equipó cada anillo de vuelo de un dispositivo especial que limita la aceleración y las maniobras de vuelo, en función de la resistencia corporal de cada portador.

Apéndice 5. Argentina y Superman

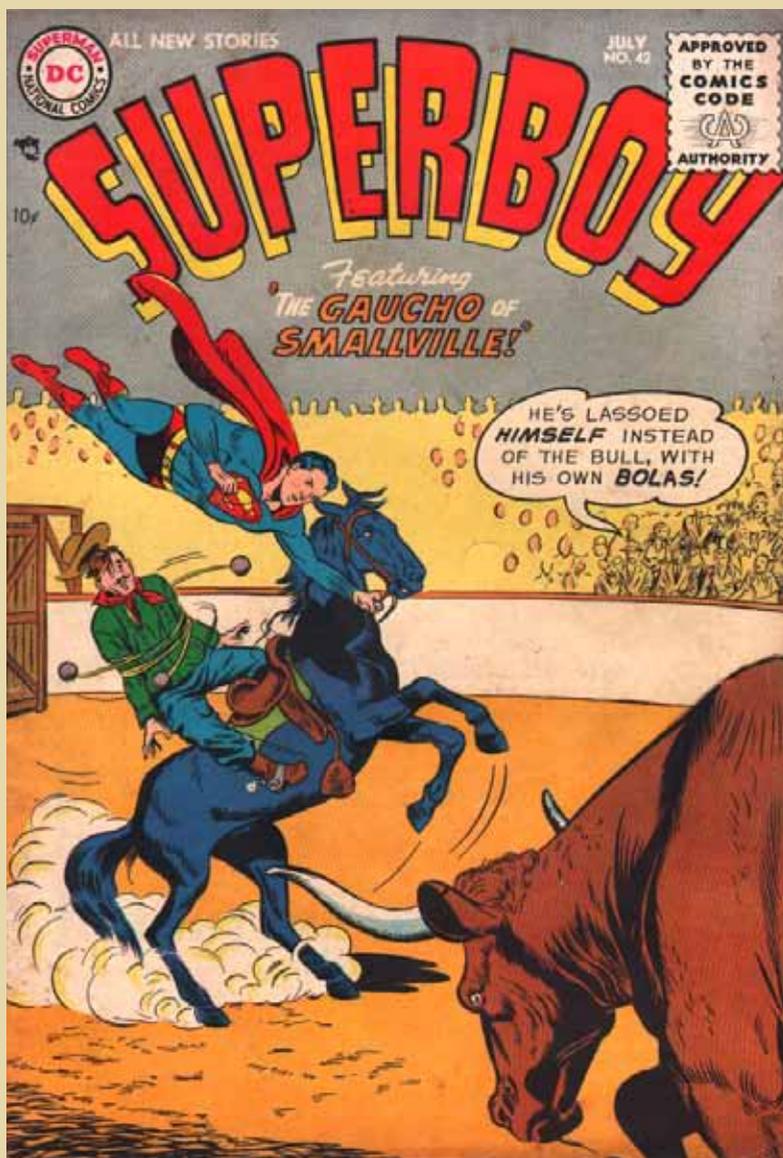


Fragmento de una tira de Superman en la revista *Billiken*.

Las historias gráficas de Superman aparecen en Argentina en las páginas de la revista infantil *Billiken*, en 1939, casi simultáneamente con su lanzamiento en Estados Unidos. Aquí, la tira se denominó *El superhombre* y continuó publicándose en esa revista, hasta mediados de la década de 1950.

Por otra parte, la primera mención de nuestro país en una historia del superhéroe, sucede en el N° 42 de las historias juveniles de Superman –en ese caso llamado “Superboy”– en julio de 1955; la historia se titula “The gaucho of Smallville!”.

La narración cuenta las peripecias entre el superhéroe y Felipo Montoya, un hombre que trabaja en Argentina mientras su hijo (César) vive en Smallville (la ciudad ficticia en el estado de Kansas, Estados Unidos, donde transcurre la infancia y adolescencia de Clark Kent). La trama comienza cuando padre e hijo argentinos se reencuentran, dado que el primero regresa a Estados Unidos para instalarse definitivamente. Cuando arriba a la estación ferroviaria, Montoya baja del tren ya montado en su caballo y trae un ñandú de mascota. Viste bombachas de gaucho, chambergo, pañuelo rojo alrededor del cuello y porta boleadoras en la cintura, colgando de su faja; para completar su descripción, destacamos que en los parlamentos de Felipo, se aprecia que no habla bien el inglés.



II Portada de “The gaucho of Smallville” (El gaucho de Smallville) donde aparece Montoya en un rodeo. Se lee la expresión de una persona del público: “En lugar del toro, él mismo se ha enlazado con sus boleadoras”.

Fuente: Swan, C. y Sikela, J. Revista *Superboy* N° 42, DC Comics, julio de 1955, Estados Unidos. Traducción del autor.

Enseñar Física. Un pacto con la ficción

Bibliografía

- Basalla, G. (1976): "Pop Science The depiction of science in popular culture", en G. Holton y W. Blanpied (comp.), *Science and its public*, Dordrecht, Reidle.
- Blanco, E. (2006): "La física de Superman", en *El País*, 6 de julio, Montevideo.
- Bombara, P. y A. Valenzuela, (2013): *Ciencia y superhéroes*, Buenos Aires, Siglo XXI.
- Carrascosa, J. (2006): "El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto", en *Eureka*, N° 3, Vol. 1, Barcelona.
- Clute, J. y P. Nicholls (1993): *The Encyclopedia of Science Fiction*, Londres, Orbit.
- De Pro, A. (2009): "Con Mortadelo y Filemón se aprende un montón", en *Alambique*, N° 60, Barcelona.
- Díaz Gómez, J. L. (1997): "El ábaco, la lira y la rosa", disponible en <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/152/htm/elabaco.htm>.
- Dorfman, A. y A. Mattelart (1979): *Para leer al pato Donald*, México, Siglo XXI.
- Feynman, R., R.B. Leighton, y M. Sands (1972): *The Feynman Lectures on Physics, Mainly Electromagnetism and Matter*, Vol. II, Panamá, Fondo Educativo Interamericano S.A.
- Franco, J. (2009): "Aprende física con 'Prisión Break'", en *Alambique*, N° 60, Barcelona.
- Gallego Torres, A.P. (2011): "La popularización de la ciencia a través del cómic educativo", en *Alambique*, N° 67, Barcelona.
- García, J.J. (2002): "Viñetas de cómic en la enseñanza de la física", en *Alambique*, N° 32, Barcelona.
- García Borrás, F.J. (2008): "House, Otra forma de acercar el trabajo científico a nuestros alumnos", en *Eureka*, N° 5, Vol. 1, Barcelona.
- García Molina, R. (2009): "La física con humor se enseña (y aprende) mejor", en *Alambique*, N° 60, Barcelona.
- Gil Pérez, D. (1994): "Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico", en *Investigación en la escuela*, N° 23, Sevilla.
- Gowin, D.B. (1981): *Educating*, Ithaca (USA), Cornell University Press.
- Gresh, L. H. y R. Weinberg (2005): *The Science of Supervillains*, Hoboken, Wiley.
- Gresh, L. H. y R. Weinberg (2002): *The Science of Superheroes*, Hoboken, Wiley.

- Hay, J.G. (1993): *The biomechanics of sports techniques*, Nueva Jersey, Prentice-Hall.
- Hewitt, P.G. (1995): *Física Conceptual – Curso de física para la enseñanza del nivel medio superior*, Washington, Addison-Wesley Iberoamerica.
- Huxley, A. (1979): *Literatura y ciencia*, Buenos Aires, Sudamericana.
- Johnston, O. y Thomson, F. (1981): *The illusion of life Disney animation*. Disney, Abbeville.
- Kakalios, J. (2006): *La física de los superhéroes*, Barcelona, Robinbook.
- Miller, S. (1973): “Ends, Jeans and Galumphing, Some Leitmotifs of Play”, en *American Anthropologist* 75 N° 1. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1525/aa.1973.75.1.02a00050/pdf>.
- Moreira, M.A. (2005): *Aprendizaje significativo crítico*, Adriana Toigo, Porto Alegre.
- Moreno, M. y J. José (2009): “Superhéroes y gravedad el valor pedagógico de la ficción”, en *Alambique*, N° 60, Barcelona.
- Nachmanovitch, S.(2007): *Free Play, la improvisación en la vida y en el arte*, Buenos Aires, Paidós.
- Novak, J. (1998): *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*, Madrid, Alianza.
- Oñorbe, A. (2009): “Ciencia con humor (presentación)”, en *Alambique*, N° 60, Barcelona.
- Palma, H. (2004): “Notas preliminares a (una teoría de) la divulgación científica”, en *Certezas y controversias*, Buenos Aires, Libros del Rojas, UBA.
- Postman, N. (1996): *The end of education redefining the value of school*, Nueva York, Vintage Books/Random House.
- Postman, N. y C. Weingartner (1969): *Teaching as a subversive activity*, Nueva York, Dell Publishing.
- Swimme, B y T. Berry (2006): *La historia del universo. Desde el destello primordial a la era ecozoica. Una celebración de la expansión del cosmos*, Buenos Aires, Uriel Satori.
- Verne, Julio, (1985): *Un descubrimiento prodigioso*, Barcelona, Molino.
- Vilchez, J.M. y F.J. Perales (2009): “Física y dibujos animados –Una estrategia para la alfabetización científica (y televisiva) en la educación secundaria”, en *Alambique*, N° 60, Barcelona.
- Vilchez, J.M. y F.J. Perales (2005): “The Teaching of Physics and Cartoons Can they be interrelated in secondary education?”, en *International Journal of Science Education*, N° 27, vol. 14, Londres.

Wells, H.G. (1972): *Los primeros hombres en la Luna*, Barcelona, Plaza y Janés.

Wolovelsky, E. (2004): "El siglo XX ha concluido", en *Certezas y controversias*, Buenos Aires, Libros del Rojas, UBA.

Secundaria para todos

ENSEÑAR FÍSICA. UN PACTO CON LA FICCIÓN

Material de distribución gratuita



tenemos
patria



Presidencia
de la Nación

equidad
inclusión
desarrollo

Ministerio
de Educación

www.portal.educación.gov.ar