

Los Conceptos de Fuerza, Masa, Peso y Presión en Manuales Escolares y en Textos Oficiales

S.B. CONCARI

GIDEAF - FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL)
SANTIAGO DEL ESTERO 2829 - (3000) SANTA FE - ARGENTINA
FACULTAD DE FORMACIÓN DOCENTE EN CIENCIAS (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL)
9 DE JULIO 2654- (3000) SANTA FE - ARGENTINA
e-mail: sconcari@fiqus.unl.edu.ar

Resumen

Se presenta un estudio del tratamiento que reciben los conceptos de fuerza, masa, peso y presión en diferentes textos escolares correspondientes a los grados 5to., 6to. y 7mo. del nivel primario, empleados en la enseñanza de las ciencias naturales en las escuelas públicas y privadas de Argentina. Se analiza la correspondencia entre dicho tratamiento y los ejes temáticos establecidos por las autoridades educativas de la provincia de Santa Fe.

Los errores, imprecisiones e inexactitudes relativos a esos conceptos expresados en los manuales y en impresos oficiales, son determinados a partir de un análisis de contenido. Las ideas erróneas presentes son coincidentes con las preconcepciones no científicas que poseen los alumnos.

Abstract

This is a study about the treatment of concepts such as of force, mass, weight and pressure developed in textbooks used for natural sciences teaching in 5th., 6th. and 7th. grades at public and private argentine schools. The correspondence between such treatment and the thematic axes established by Santa Fe education authorities is analyzed.

Content analysis is used to determine conceptual errors and fails related to those concepts developed in textbooks and in official text materials. The present failure ideas are coincident with students misconceptions.

Introducción

Investigaciones de los últimos 15 años han demostrado que las llamadas concepciones alternativas, preconcepciones o ideas previas del individuo condicionan fuertemente su aprendizaje¹⁻³. La formación de estas ideas en relación a las ciencias naturales se produce por la interacción de la persona con el mundo que la rodea.

La enseñanza formal en estas disciplinas promueve el aprendizaje de los conceptos, leyes y principios que describen los fenómenos naturales, lo que conlleva, desde un modelo constructivista del aprendizaje, a la modificación de las ideas previas, en un proceso de cambio

conceptual⁴ que involucra la integración idea previa - experiencia nueva.

En el nivel primario de escolarización, en nuestro país, los fenómenos naturales son tratados con un enfoque interdisciplinario, con un único maestro a cargo de su enseñanza, quien selecciona habitualmente, un único texto escolar o manual.

La explicación oral del docente y la lectura son las estrategias instruccionales más frecuentemente utilizadas en nuestras escuelas y ambas actividades se realizan, generalmente sobre el texto elegido. En efecto, el libro de texto se constituye con frecuencia, en el programa real de contenidos a ser enseñados y

aprendidos y de las actividades a ser desarrolladas para su logro.

El material de lectura y estudio utilizado condiciona no sólo el aprendizaje⁵ y el interés del estudiante por la ciencia¹¹, sino que es considerado aquí como un indicador importante de cómo se enseña en la escuela.

Se han llevado a cabo estudios similares al presente sobre contenidos en la bibliografía empleada en la enseñanza de la Física, pero para el nivel de enseñanza media y universitaria básica⁷⁻¹¹. Sobre el tratamiento del concepto de fuerza se destaca el trabajo de Warren¹².

Análisis de contenido

A los efectos del estudio, se han considerado como definiciones de fuerza y masa, aquellas contenidas en las ecuaciones de Newton. Si bien Newton llamaba a la masa *cantidad de materia*, su conceptualización es la de masa inercial. Los conceptos de peso y presión se derivan de los conceptos de fuerza y masa anteriores.

El estudio del tratamiento que reciben los conceptos de fuerza, masa, peso y presión en este trabajo, abarca los siguientes aspectos:

- Exactitud de las definiciones y/o explicaciones dadas de los conceptos de fuerza, masa, peso y presión.
- Exactitud de las unidades dadas para esas magnitudes.
- Características de las relaciones establecidas entre esos conceptos.
- Correspondencia temática con los contenidos establecidos en el *currículum* oficial.

Se analizaron 4 manuales de 5to. grado¹³⁻¹⁶, 4 de 6to. grado¹⁷⁻²⁰ y 2 de 7mo. Grado^{21,22}. Se analizaron también las bases curriculares²³⁻²⁵ y los contenidos fundamentales²⁶ correspondientes al área ciencias elementales básicas, establecidos por el Ministerio de Educación y Cultura a través de la Dirección Provincial de Educación Primaria y Preescolar de la provincia de Santa Fe, basados en los contenidos mínimos aprobados por el Consejo Federal de Educación.

Se empleó como técnica el análisis de contenido²⁷.

Resultados y Discusiones

Se transcriben a continuación citas textuales en las que los autores expresan ideas imprecisas, confusas y/o erróneas. Se reproducen también aquellos párrafos que no presentan esas características pero que amplían la idea expresada por el autor. En las citas (transcriptas entre comillas) se han subrayado aquellas palabras que en el texto original aparecen subrayadas, resaltadas o en otro color.

Tratamiento De Los Temas

¿ *Peso = Masa y Masa ≠ Inercia* ?

Como se muestra en las citas siguientes, se considera que el peso, como la masa, es una propiedad del cuerpo, identificando ambos conceptos entre sí. No se diferencia, en general, no solo las unidades de ambas magnitudes, sino tampoco su carácter -escalar o vectorial-, aunque esto supera el nivel requerido. El concepto de inercia casi no es tratado y cuando se menciona, no se lo relaciona con la masa:

"La masa es la cantidad de materia que constituye a un cuerpo." (pág. 431) [...] *"Masa es la cantidad de materia que forma a un cuerpo."*²² (pág. 455).

"Observar mediante simples experiencias, el peso de los cuerpos." (pág. 37) [...] *"todos los cuerpos tienen masa y además de tener masa, pesan, lo que viene a demostrar que la materia posee masa y peso, otras dos propiedades generales de la materia: tienen MASA y tienen PESO"*²⁶ (pág. 177).

La identificación peso - masa se manifiesta también en el tratamiento de las unidades: *"Todos los cuerpos [...] tienen peso. [...] La unidad de peso es el gramo, cuya abreviatura es g."*^{13,14} (pág. 353 y 345 respectivamente).

"El peso de los cuerpos es una fuerza: es la fuerza de atracción que ejerce la tierra sobre todos los cuerpos. Ese peso, como cualquier otra fuerza, puede medirse con un dinamómetro." (pág. 196) [...] *"El peso se mide habitualmente en gramos, si se trata de masas pequeñas, en kilogramos para las medianas, en toneladas para las grandes. La unidad de las medidas de peso es el gramo, o sea el peso en el vacío del agua destilada, a 4° de temperatura [...]"*¹⁷ (pág. 554).

"Para medir la fuerza que realizamos para levantar un objeto se utiliza como unidad fundamental el kilogramo, sus múltiplos y submúltiplos." (pág. 391) [...] "El kilogramo es la unidad fundamental de las medidas de peso porque es la unidad más usada en la vida diaria." (pág. 392) [...] "Utilizamos como unidad fundamental el kilogramo porque el gramo es tan pequeño que no es práctico para las mediciones más habituales."²⁰ (pág. 393). El concepto de unidad fundamental resulta claramente desconocida para el autor.

"La masa y el peso son dos propiedades distintas. La masa expresa la cantidad de materia que tiene un cuerpo, mientras que el peso expresa la fuerza con que es atraído dicho cuerpo." (pág. 106) [...] "Se llama inercia la tendencia que tienen los cuerpos a conservar el estado de reposo o de movimiento en el que se encuentran."²¹ (pág. 107).

"Peso es la fuerza que atrae los cuerpos hacia la tierra. Cada cuerpo tiene un peso determinado que depende de su masa y de la fuerza con que es atraído por la tierra."²² (pág. 454). Si el peso es la fuerza, no puede depender de ella!

La Fuerza Es Una Propiedad De Los cuerpos ?

"Por ejemplo, si se lanza una pelota contra una pared, la acción es la fuerza que lleva la pelota y la reacción es la fuerza que recibe la pelota al chocar contra la pared, por la cual rebota."¹⁵ (pág. 70).

"Esto ocurre porque la moléculas de agua se adhieren con fuerza a las paredes internas del tubo capilar."¹⁹ (pág. 285)

"[...] La intensidad de la fuerza, es decir, el valor de ésta. Está relacionado con la cantidad de fuerza transferida de un cuerpo a otro" (pág. 453) [...] "La dirección de la fuerza: es la recta a lo largo de la cual actúa la fuerza. Puede ser horizontal o vertical."²² (pág. 454). Según esta afirmación, ¿no existen otras direcciones?

¿La Fuerza Es Un Lugar?

"Resistencia (R) es el lugar donde se apoya un cuerpo que ejerce un peso determinado. Potencia (P) es el lugar donde se hace la fuerza que permite vencer la R."^{13,14} (pág. 359 y pág. 348 respectivamente).

¿Y La Interacción ?

"Los cuerpos están formados por pequeñas partículas que pesan, ejerciendo hacia abajo una fuerza vertical."²⁶ (pág. 169).

"[...] [el corcho] sale despedido del cuello de la botella por el exceso de presión; como resultado de esta fuerza, -acción- se produce otra fuerza opuesta -reacción- que impulsa la botella hacia el lado contrario"²⁶ (pág. 216). Se acompaña con un dibujo donde se representan con sendas flechas, la acción, cerca del corcho y la reacción cerca de la base de la botella.

"Los cohetes basan su desplazamiento en el principio de acción y reacción, formulado por Newton en 1687. Este principio expresa que una fuerza llamada acción, que actúa en un sentido, siempre produce una fuerza en sentido contrario llamada reacción. Por ejemplo, si se lanza una pelota contra una pared, la acción es la fuerza que lleva la pelota y la reacción es la fuerza que recibe la pelota al chocar contra la pared, por la cual rebota. La combustión que se produce en los cohetes produce gases que salen violentamente (acción) por la parte posterior del cohete, lo cual genera una fuerza (reacción) igual y contraria que lo hace avanzar."²² (pág. 70).

"Este principio establece que una fuerza llamada acción, que actúa en un sentido, provoca siempre otra fuerza llamada reacción de sentido contrario. En este caso la acción es realizada por los gases al ser despedidos violentamente del cohete y la reacción provoca el desplazamiento de la nave."¹⁸ (pág. 821).

¿La Presión es una Fuerza ?

"El peso del aire atmosférico recibe el nombre de presión atmosférica. [...] Nuestro cuerpo soporta una presión (peso) de 15 a 16 ton de aire en todas las direcciones y sentidos de nuestro cuerpo [...] Cada cm^2 de la superficie terrestre recibe un kilogramo de presión atmosférica."^{13,14} (pág. 327 y pág. 313 respectivamente).

"Se llama presión atmosférica a la fuerza que el aire ejerce sobre una superficie."¹⁸ (pág. 277).

"La presión atmosférica, como dijimos, es el peso que ejerce la masa de aire sobre la superficie terrestre y en consecuencia sobre

todos los cuerpos y seres que en ella existen."²⁶ (pág. 211). En el mismo texto se presentan esquemas representando la presión atmosférica, con flechas (pág. 209 y 211).

"Expresar que Pe puede denominarse con las diversas unidades correspondientes de peso y volumen (g/cm³; kg/dm³; tm/m³)." ²⁵ (pág. 100).

No solo se confunde la presión con la fuerza, sino que se la identifica con el sistema físico: *"Esta presión, denominada Presión Atmosférica, ejerce una fuerza (con igual intensidad y en todas direcciones) sobre los cuerpos que ocupan un lugar en el espacio."*²⁶ (pág. 209).

Las Ideas Presentes

Expresiones tales como *"la reacción provoca el desplazamiento de la nave"*, *"la fuerza que lleva la pelota"*, *"la cantidad de fuerza transferida de un cuerpo a otro"*, *"se adhieren con fuerza"* y *"del movimiento y las fuerzas [...] que lo producen"* sugieren que los autores inconscientemente rechazan el concepto fundamental de la primera ley de Newton, tal como lo menciona Warren¹², que es claramente una idea muy difícil. Dos ideas equivocadas están presentes: la que el reposo es natural y el movimiento tiene que ser causado, y la que la fuerza mantiene el movimiento en lugar de modificarlo.

En el ejemplo del cohete al que recurren para explicar la tercera ley de Newton, los autores se refieren a la fuerza que se aplica a la nave como "reacción". Entienden la ley en términos del enunciado epigramático de Newton: *"Para toda acción hay una reacción igual y opuesta"*, más conocido que la explicación que diera de su ley.

Al no identificar en esa ley el concepto de interacción, no es clara la coexistencia simultánea de ambas fuerzas, acción y reacción, expresado esto en explicaciones tales como: *"la acción es realizada por los gases al ser despedidos violentamente del cohete y la reacción provoca el desplazamiento de la nave."*, o *"La combustión que se produce en los cohetes produce gases que salen violentamente (acción) por la parte posterior del cohete, lo cual genera una fuerza (reacción) igual y*

contraria que lo hace avanzar.", las que resultan completamente confusas.

En las afirmaciones siguientes, al analizar la interacción cuerpo-tierra se pone en evidencia el desconocimiento del autor en relación a la segunda ley de Newton: *"Todo cuerpo ejerce fuerza hacia abajo, pues es atraído hacia el centro de la tierra."*, *"Los cuerpos están formados por pequeñas partículas que pesan, ejerciendo hacia abajo una fuerza vertical."*

La identificación de distintas magnitudes se manifiesta también en el tratamiento de unidades: *"Averiguar las condiciones necesarias para que sea: 1 dm³ = 1 litro = 1 kg"*²⁵ (pág. 99).

La noción de masa en los textos analizados está asociada mayoritariamente a la *"cantidad de materia"*, sin relacionar este concepto al de fuerza, como una medida de la inercia del cuerpo. Esta limitación conceptual se reitera en el tratamiento de las unidades. Este problema puede originarse en el hecho experimental de que la masa gravitatoria y la masa inercial son proporcionales y a la elección del mismo patrón para ambas magnitudes.

El modo poco preciso en que se tratan algunos conceptos, así como la falta de definiciones de otros conceptos relacionados, como por ejemplo, en un tema con el título *"Presión de agua"*, sin haber hecho antes un tratamiento de los conceptos de fuerza y peso, y sin definir presión, el autor establece: *"La presión en un líquido aumenta con la profundidad"*¹⁶ (pág. 204). Esto resulta en una explicación poco clara de los fenómenos que se describen. Por otra parte, *"una definición no debe ser un slogan a ser memorizado, sino una exacta descripción de algo que puede ser reconocido siempre que sea encontrado."*¹²

Las ideas presentes pueden resumirse como:

- El reposo es natural y el movimiento tiene que ser causado.
- La fuerza mantiene el movimiento.
- La fuerza como cantidad de movimiento.
- La presión como una fuerza.
- El peso como una propiedad de los cuerpos.
- La masa como cantidad de materia.

Los conceptos que no están tratados, y que son directos referentes relacionados con los conceptos objeto del estudio, son: interacción y masa inercial.

Correcciones de las Reediciones

Los errores, imprecisiones, expresiones confusas y/u omisiones puestos de manifiesto, se reiteran en un mismo libro, en sucesivas ediciones^{13,14} y en manuales correspondientes a distintos grados^{15,18,20}, donde se repite el tratamiento de los temas. En el caso de los textos de ciencias naturales para 5to. grado y 7mo. grado, de la misma editorial^{15,18}, presentan ambos la notación ©1985, de lo que se infiere que en las ediciones de al menos tres años sucesivos no se han realizado correcciones. Presentan, sí, cambios en el diseño.

Autoría

En ningún manual se indica el nombre de los autores. Sólo en dos de los ocho manuales investigados se explicitan los nombres de los autores por área temática^{17,19}. Curiosamente corresponden a la edición más vieja y a la más reciente, pero también a aquellos en los que, en términos generales, hay un mejor tratamiento de los temas. En otro manual analizado se explicita sólo un nombre como responsable de la coordinación autoral²⁰.

En los cuatro fascículos editados por el ministerio de educación analizados, sólo en uno²⁵ se listan los nombres de los asesores por área.

Correspondencia temática

Hay temas que son reiteradamente tratados en los textos de los tres grados, aún cuando en el programa oficial se establece su tratamiento en uno de ellos. Tal es el caso del tema peso, propuesto para el 5^{to} grado y desarrollado en libros para 6^{to} grado^{17,19} y 7^{mo} grado^{21,22} y nociones de coherencia, propuesto para 7^{mo} grado y explicado como ejemplo del principio de acción y reacción en 5^{to} grado¹⁵ y 6^{to} grado¹⁸.

Otros temas del *currículum* oficial no son abordados, como el principio de Arquímedes, o tangencialmente tratados como la capilaridad.

Conclusiones y Reflexiones

Siendo que los conceptos de fuerza y masa requieren para su conceptualización, de una

capacidad de abstracción que los alumnos del nivel primario están recién desarrollando, los mismos deben ser presentados a través de experiencias concretas y no como definiciones carentes de significado psicológico. Experiencias realizadas por los propios alumnos montadas sobre patines y patinetas (a fin de minimizar los efectos de rozamiento por deslizamiento) pueden ser desarrolladas en el mismo salón de clases²⁸.

Sólo como referente para la lectura del docente quien debe guiar las experiencias de aprendizaje a fin de lograr una conceptualización científica acorde con los intereses y el desarrollo intelectual y emocional de los niños, es recomendable el texto clásico de Roederer²⁹ (pág.68-83).

Las ideas no científicas expresadas en los textos analizados, tanto en los manuales como en las bases curriculares oficiales, sobre los conceptos de fuerza, masa, peso y presión, se corresponden con aquellas que poseen los alumnos, de acuerdo con las numerosas investigaciones realizadas en ese campo³⁰⁻³⁷.

Cabe formularnos las siguientes preguntas:

- ¿ Los estudiantes han construido esas ideas sólo de sus contactos con el mundo físico?, o por el contrario, ¿ las han construido en un aprendizaje significativo pero no científico en la escuela? ¿ O han contribuido ambas experiencias?
- ¿ Contribuye a la formación de estas ideas no científicas en el niño el empleo de los manuales escolares en la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria?
- ¿ Los nuevos textos preparados por las editoriales, se adecuarán a la reforma educativa, habiendo realizado una revisión completa de los contenidos y de su tratamiento, o solo cambiarán en lo formal?
- ¿ Están los maestros de grado capacitados para seleccionar y adecuar los temas desarrollados en los textos, diferenciando los tratamientos científicos de aquellos erróneos o imprecisos?

Si se desea mejorar la educación en ciencias, estas cuestiones deben ser objeto de mayor investigación.

Referencias

- 1 - Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A., "Ideas científicas en la infancia y la adolescencia", MEC-Morata, Madrid (1989).
- 2 - Osborne, R. y Freyberg, P. "El aprendizaje de las ciencias. Implicancia de la ciencia de los alumnos", Ed. Narcea, Madrid (1991).
- 3 - Pozo, J.I. y Carretero, M. *Infancia y Aprendizaje*, **38** 35-52 (1987).
- 4 - Strike, K.A. y Posner, G.J. en "Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice". Duschl y Hamilton (Eds.) Suny Press, Albany, N.Y. (1991).
- 5 - Portolés, J.J.S., López, V.S., Vidal, E. y Gamez, E.V. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, **10** (3), 204-219 (1993).
- 6 - Potter, E.F. y Rosser, S.V. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (7), 669-686 (1992).
- 7 - Vázquez Díaz, J., *Enseñanza de las Ciencias*, **5** (3), 235-238. (1987).
- 8 - Michinel Machado, J. L., y D'Alessandro Martínez, A. *Revista de Enseñanza de la Física*, **6** (2), 37-52.
- 9 - Michinel Machado, J. L., y D'Alessandro Martínez, A., *Enseñanza de las Ciencias*, **12** (3), 369-380 (1994).
- 10 - De Berg, K.C. Y Treagust, D.F. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (8), 871-882 (1993).
- 11 - Gil Pérez, D., *Investigación en la Escuela*, **1**, 35-41 (1987).
- 12 - Warren, J.W., "Understanding forces", John Murray Eds., Londres (1979).
- 13 - "Manual Estrada. 5ºGrado", Angel Estrada y Cía. S.A., Buenos Aires (1981).
- 14 - "Manual Estrada. 5ºGrado", Angel Estrada y Cía. S.A., Buenos Aires (1986).
- 15 - "Ciencias naturales 5", Ed. Santillana: Buenos Aires (1986).
- 16 - "Manual del alumno. 5", Ed. Kapeluz, S.A., Buenos Aires (1987).
- 17 - "Manual del alumno. 6", Ed. Kapeluz, S.A., España (1980).
- 18 - "Manual Santillana 6", Ed. Santillana, Buenos Aires (1987).
- 19 - "Manual Santillana 6" Ed. Santillana, Buenos Aires (1993).
- 20 - "Ventana al mundo. El manual de Aique 6", De. Aique, Bs. As. (1992).
- 21 - "Ciencias naturales 7", Ed. Santillana, Buenos Aires (1987).
- 22 - "Manual Estrada. 7ºGrado" Ed. Angel Estrada y Cía. S.A: Buenos Aires (1991).
- 23 - MEC, "Bases curriculares. 5to. Grado", Ministerio de educación y Cultura. Dirección Provincial de Educación Primaria y Preescolar. Santa Fe (1978).
- 24 - MEC, "Bases curriculares. 6to. Grado", Ministerio de educación y Cultura. Dirección Provincial de Educación Primaria y Preescolar. Santa Fe (1979).
- 25 - MEC, "Bases curriculares. 7mo. grado" Ministerio de educación y Cultura. Dirección Provincial de Educación Primaria y Preescolar. Santa Fe (1980).
- 26 - MEC, "Ejes fundamentales de primero a séptimo grados. Área: Conocimiento de la realidad. Ciencias elementales básicas", Ministerio de educación y Cultura. Dirección Provincial de Educación Primaria y Preescolar. Santa Fe (1980).
- 27 - Ander Egg, E., "Técnicas de investigación social", El Cid editor, Buenos Aires. (1980).
- 28 - Concari, S. B., "Experiencias sencillas sobre temas de mecánica para y con niños y adolescentes". No publicado.
- 29 - Roederer, J. "Mecánica elemental", Eudeba, Buenos Aires. (1963).
- 30 - Clement, J., *American Journal of Physics*. **50** 66 (1982).
- 31 - Viennot, L. *Bulletin de l'Union des Physiciens*. **716** 951-970 (1989).
- 32 - Acevedo Díaz, J.A., *Investigación y experiencias didácticas.*, **7** (30), 241-246 (1989).
- 33 - Gunstone, R. y White, R. *Science Education*. **65** (3), 291-299 (1981).
- 34 - Gilbert, J.K. y Zylbersztajn, A. *Eur. Journal of Science Educ.*, **7** (2), 107-120 (1985).
- 35 - Hestenes D., Wells, M. y Swackhamer, G., *Physics Teacher*. **30** 141-158 (1992).
- 36 - Sebastiá, J. M., *Enseñanza de las ciencias*. **2** (3), 161-169 (1984).
- 37 - Mohaprata, J.K., *Int. Journal of Science Education*. **11**, (4), 429-436 (1989).
- 38 - Serl, M.G. *Eur. Jour. of Sci. Education*. **4** (3), 299-309 (1982).
- 39 - McDermont, L., en *Research on Physics Education. Proceedings of the First International Summer Workshop, La Londe les Maures*. Ed. C.N.R.S., Francia. 139 - 182 (1983).