

Evaluación de las representaciones de los conceptos de peso y masa de los alumnos de enseñanza media en São Carlos y región (Brasil) y en la provincia de Santiago de Cuba (Cuba)



Guillaron, J. J.¹; Méndez, L. M.¹; Lourenço, A. B.²; Costa, G. G. G.²,
Hernandes, A. C.²

¹Departamento de Física, Universidad de Oriente, Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, 90500, Cuba.

²Instituto de Física de São Carlos, Universidad de São Paulo, Av. Trabalhador Sãocarlense, 400, CEP. 13566-590, São Carlos-SP.

E-mail: j.guillaron@gmail.com, hernandes@ifsc.usp.br

(Recibido el 24 de Agosto de 2012, aceptado el 15 de Diciembre de 2012)

Resumen

La persistencia de las ideas previas en los conocimientos científicos que se aprenden en las escuelas es un tema que ha sido investigado ampliamente. En este trabajo se muestra el nivel de conocimientos sobre los conceptos de peso y masa en dos poblaciones de alumnos de enseñanza media de dos regiones distantes geográficamente: la de São Carlos (Brasil) y la de Santiago de Cuba (Cuba) comprobándose la dificultad en la distinción de los mismos y la fuerte influencia de lo cotidiano en las representaciones asociadas a estos conceptos. Lo anterior permitió esbozar el perfil conceptual relativo a los mismos para ambas poblaciones. Se evidencia, además, los efectos positivos en la formación de los conceptos científicos que deviene de una preparación adicional que reciben aquellos alumnos que muestran vocación por el estudio de la física para ser medida en eventos como son las Olimpiadas.

Palabras clave: Conceptos de peso y de masa, ideas previas, enseñanza de la física, perfil conceptual.

Abstract

The persistence of earlier ideas in scientific knowledge learned at school is a well researched subject. This paper shows the knowledge level related to the concepts of weight and mass held by two separate groups of high school students from distant geographical locations: São Carlos (Brazil) and Santiago de Cuba (Cuba). It shows how difficult it is to distinguishing between those concepts and illustrates the strong influence that ordinary knowledge has over their representations. This allowed us to delineate the conceptual profile related to each concept for both student groups. In addition it is possible to observe the positive effect, measurable in events like the Olympics, over the formation of scientific concepts resulting from additional instruction received by students that show an inclination for physics science.

Keywords: Concepts of mass and weight, misconceptions, education of physics, conceptual profile.

PACS: 01.40.Fk, 01.40.gf, 01.40.Ha, 01.40.ek

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Las ideas previas de los alumnos sobre los conceptos científicos influyen fuertemente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de forma tal que, en algunos casos, se resisten a cambiar sus concepciones. Unas de estas concepciones están referidas a los conceptos de *fuerza*, *peso* y *masa*. Mora y Herrera (pág. 78, [1]) hicieron una revisión y análisis de las *ideas previas* sobre el concepto de *fuerza* que tienen los alumnos “debido a que los cursos Introductorios de Física se inician con un tema de Mecánica y si un alumno no ha comprendido el principio de fuerza, toda la mecánica carece de sentido”.

Estos autores encuentran que entre las *ideas previas* más comunes sobre el concepto de fuerza se tienen: los objetos permanecen en reposo si sobre ellos no actúa fuerza alguna, los objetos inanimados no ejercen fuerzas, en el instante que un objeto cae sobre él no actúan fuerzas, una fuerza constante produce una velocidad constante y una fuerza sólo puede mover un objeto si es mayor que la masa o peso del objeto [1].

Por su parte, Chams-eddine [2] ha hecho un análisis de las leyes de Newton y de los problemas conceptuales que tienen los alumnos con los conceptos de fuerza e inercia, haciendo énfasis en que no sólo son debidos al empleo de diversos métodos didácticos o herramientas de enseñanza más inteligentes, sino que son problemas mucho más

profundos y que, la mayoría de las veces, se repiten a nivel universitario cuando podrían ser resueltos en el nivel medio de enseñanza.

La comprensión de los conceptos de fuerza y movimiento que tienen los alumnos, según Brookes [3], sigue un modelo de desarrollo histórico que parte de los griegos y filósofos medievales hasta los primeros físicos como Galileo y Newton. Lo anterior coincide con Mihás *et al.*, (citado en [4]) que establecen posibles analogías entre las *ideas pre-científicas o intuitivas* de los alumnos y aquellas que fueron construidas en el transcurso de la historia en el seno de la comunidad científica. Sobre una de estas ideas construidas, Einstein e Infeld (pág. 22, [5]) se refieren a que “una clave importante, que nadie notó durante más de tres siglos. La clave menospreciada está relacionada con uno de los conceptos primordiales de la mecánica: la masa”.

El concepto de masa fue introducido por primera vez por Newton (pág. 223, [6]) en su obra “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*” publicada en 1687 y cuya definición aparece de la siguiente forma: “La cantidad de materia es la medida de la misma, surgida de su densidad y magnitud constante. Es esa cantidad la que en lo sucesivo menciono bajo el nombre de masa o cuerpo. Lo mismo se da a conocer mediante el peso de cada cuerpo: pues la masa es proporcional al peso, como he descubierto por experimentos muy precisos con péndulos, cuya exposición se hará más adelante”. Es evidente, de la aclaración hecha por Newton, que ya desde aquellos tiempos había una identificación entre los conceptos de masa y peso, la que tiende a mantenerse en la actualidad.

Según Criado [7] masa y peso están interrelacionados, pero son conceptos diferentes. Sin embargo, la población tiende a hablar de ellos como si fuesen lo mismo y, frecuentemente, para muchos alumnos esto trae confusión cuando comienzan a estudiar física. Es en ese sentido que Toulmin (citado en [8]) explicita que la ciencia tiene su propio lenguaje y recursos literarios para representar sus teorías explicativas, de tal manera que un científico aprende a hablar y a pensar en términos de modelos explicativos a diferencia de un profano para quien dichas expresiones pueden llevar a incompreensión porque resultan no familiares y, probablemente, conducen a contradicciones.

En el contexto brasileiro, Menezes [9] expone su preocupación en cuanto a que la propaganda masiva de los medios de comunicación (oral y escrita) y los embalajes de productos comercializados en todo el territorio nacional utilizan erróneamente los conceptos de peso y masa, lo que puede perjudicar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física. La autora señala que esta situación se ve agudizada cuando, los profesores de física no cuidan de su lenguaje cotidiano y no hablan correctamente perjudicando la presentación del conocimiento de forma clara y objetiva. Este aspecto es de suma importancia tenerlo en cuenta, ya que el lenguaje es considerado como una *representación* legítima de las ideas y procesos físicos [10].

Si se considera que “los conceptos físicos son creaciones libres del espíritu humano y no están, por más que parezcan, únicamente determinados por el mundo

externo” (pág. 22, [5]) es lógico que los alumnos tengan su propia visión o representación de la realidad que se relaciona con los conceptos físicos que aprenden en la escuela. Es decir, los alumnos constituyen *entes epistémicos* [11] portadores de *significados* los cuales deben ser utilizados por el profesor, como punto de partida, para la construcción de estos conceptos. Es una de las maneras de motivarlos e implicarlos en el estudio de la física al relacionar ésta con su vida cotidiana apelando a su pensamiento estratégico y metacognitivo [12].

Este trabajo tiene por objetivo mostrar el estado de conocimiento de la relación de proporcionalidad entre peso y masa que tienen los alumnos de enseñanza media (primer y segundo año) en São Carlos y región aledaña (Brasil), además de delinear las representaciones o construcciones (ideas previas) sobre estos conceptos que tienen algunos alumnos de enseñanza media (primer año) de una Escuela Pública (EP) de la ciudad de São Carlos y de un conjunto de alumnos de décimo (primer año) y oncenio (segundo año) grado de la provincia de Santiago de Cuba (Cuba). Las edades de los alumnos implicados están comprendidas entre los 15 y 17 años.

II. LAS IDEAS PREVIAS Y EL PERFIL CONCEPTUAL

En este trabajo se adopta como concepto de *ideas previas* [1, 12] las construcciones que las personas elaboran para responder a sus necesidades de interpretar o representar los fenómenos naturales y se encuentran relacionadas con los conceptos científicos con la finalidad de brindar explicaciones, descripciones y predicciones que son frutos de las experiencias cotidianas que devienen de sus relaciones con los objetos físicos y sus relaciones culturales y sociales asociadas a estos objetos. Siendo importante en relación al concepto de *ideas previas* considerado en este trabajo, tres de sus características: no haber recibido transformación por la acción de la escuela, no ser asumidas en sentido peyorativo con respecto a los conceptos científicos que se aprenderán en la misma, en tanto pueden y deben servir de apoyo a este aprendizaje y estar regidas por un razonamiento causa-efecto directo.

Es conocida la resistencia que presentan las ideas previas que presentan los alumnos sobre determinados conceptos científicos a ser modificadas con los atributos que aporta la ciencia y, como señalan Furió y Guisasaola (citado por [13]) se ha comprobado que raramente esas ideas son abandonadas después de la exposición de las ideas científicas “correctas”. Lo anterior puede provocar la coexistencia simultánea de diferentes visiones de la realidad en el alumno. Con la finalidad de poder interpretar y entender esta coexistencia, Mortimer (citado por [14]) construyó un modelo que denominó *perfil conceptual*.

Estas diferentes visiones de la realidad que constituyen un perfil conceptual se compone de *zonas* [14] continuas con características epistemológicas y ontológicas diferentes que están caracterizadas por *categorías* de análisis con un poder de explicación cada vez mayor acorde con las

exigencias de la ciencia. Si estas zonas se representan en un gráfico cualitativo de columnas (donde cada columna representa una zona), la mayor o menor altura de cada columna representará una mayor o menor presencia de esa manera de ver en el pensamiento del individuo.

Basándose en el modelo de referencia, Santos y Carbó [14] proponen seis zonas del perfil conceptual para el concepto de masa (relacionado con el de peso) pero, por las características de este trabajo, las ideas previas y/o los conceptos científicos que presentan los alumnos se van a corresponder con sólo tres de las zonas anteriores que se muestran a continuación con sus categorías respectivas: I: noción vaga, sensorial, indiferenciada de volumen, pre-teórica (...), indistinta de peso; peso como propiedad de la materia (...), II: inicio de la distinción entre peso y masa (...), identificación de masa con otras cantidades; inercia, ímpetu (...), III: masa distinta de peso pero proporcional a este (...) masa definida en términos de la densidad y correlacionada a la fuerza y a la aceleración estructuradas en un "sistema nocional" (págs. 11 y 12, [14]).

Los datos que se obtienen de esta investigación al ser clasificados, permitirá esbozar un perfil conceptual de los conceptos de peso y masa (y su relación de proporcionalidad) de las poblaciones en estudio. Esto dará la posibilidad de constatar la prevalencia de una zona en particular y, de este modo, conocer las características de las representaciones de estos conceptos de las poblaciones de la ciudad de São Carlos y de la región de Santiago de Cuba y, posteriormente, hacer una generalización de las mismas.

III. CONCEPTOS DE PESO Y DE MASA

En la literatura que presenta los conceptos científicos existen, entre otras, diferentes definiciones de peso y de masa. Morrison [15] hace una revisión del concepto de peso que aparece en distintos libros de texto que se usan en los cursos introductorios de física, revelando que se expresan de formas diferentes, entre ellos se tienen:

1. Peso es la fuerza de gravedad sobre un objeto producida por la proximidad de un cuerpo astronómico. (Es el concepto más común).
2. Peso es la fuerza dirigida hacia abajo experimentada por un objeto como resultado de la interacción gravitacional tierra-objeto.
3. Peso es la fuerza gravitacional ejercida sobre un objeto.
4. El peso de un cuerpo es la fuerza que lo empuja directamente hacia la vecindad de un cuerpo astronómico (...) esa fuerza es debida a la atracción llamada atracción gravitacional entre los dos cuerpos.
5. El peso de un cuerpo es la fuerza que él ejerce sobre la superficie que lo soporta.

En correspondencia con esta última definición, Iona [16] señala que el peso es la fuerza que el primer cuerpo ejerce sobre un obstáculo, tal como nuestra mano o una mesa sobre la cual reposa. Por su parte en la investigación realizada por Galili y Kaplan (citado en [17]) se reporta que

la fuerza de atracción gravitacional ejercida sobre todos los objetos localizados en la superficie de la tierra es identificada por los alumnos como el peso del objeto.

Con respecto a los conceptos de fuerza y de masa, Vila y Gómez [18] consideran, basándose en la relación establecida por Newton ($F = m \cdot a$), que la misma no permite definir ninguno de estos conceptos ya que constituiría un "círculo vicioso" porque uno se definiría en función del otro y cita a Richard Feynman que la califica como *ley incompleta*; concluyendo que fuerza y masa son magnitudes que no están definidas.

Sin embargo, Santos y Carbó [14] se refieren a tres conceptos de masa: como medida de "cantidad de materia" de un cuerpo, como "masa inercial" (m_i) ligada a la propiedad inercial de la materia de resistir el cambio de movimiento y como "masa gravitacional" (m_g) que es la "carga" generadora vinculada al campo gravitacional.

En el texto de Kirkpatrick and Wheeler (Saunders), *Physics The Nature of Things* (citado en [18]) aparece que: Masa es frecuentemente confundida con peso y este es confundido con la fuerza de gravedad. Esto lo confirman Vila y Sierra [19] señalando que frecuentemente en la enseñanza, el concepto de peso de un cuerpo es muy impreciso. Se utiliza el peso, normalmente, como sinónimo de masa.

En los libros de texto empleados oficialmente en la enseñanza de la física en las escuelas medias de São Carlos y Santiago de Cuba, los conceptos de peso y de masa son definidos como sigue:

En la EP de la ciudad de São Carlos, el libro empleado en el período que corresponde al presente estudio era *Os fundamentos da Física Mecânica*, 6ª Ed. [20], donde aparece como definición del concepto de *peso* de un cuerpo la fuerza de atracción que la tierra ejerce sobre el cuerpo (...) cuando un cuerpo está en movimiento sobre la acción de su peso P , adquiere una aceleración denominada aceleración de la gravedad g . Y empleando la ley fundamental de la dinámica se concluye que el módulo de la magnitud vectorial peso es $P = mg$.

En este libro se define el concepto de *masa* como una magnitud que se atribuye a cada cuerpo mediante la comparación del mismo con un patrón, usando el principio de la balanza de brazos iguales. El cuerpo patrón puede ser el kilogramo patrón.

Como libro auxiliar, la profesora de la escuela utilizaba el libro *Física, ensino médio. Vol. 1, 1ª Ed.* [21] donde se hace una definición operacional de *masa* teniendo en cuenta que la fuerza que actúa sobre un cuerpo es directamente proporcional a su aceleración y su gráfico es una línea recta que pasa por el origen. De ahí se concluye que la *masa* del cuerpo es el cociente entre la fuerza que actúa sobre éste y la aceleración que le produce: $m = F/a$. Del análisis de esta relación para una fuerza dada, la aceleración será mayor en la medida que la masa sea menor, o su inverso, el cuerpo de mayor masa presenta mayor dificultad en variar su velocidad, por tanto, la masa de un cuerpo es una medida de la inercia de ese cuerpo. Mientras que en el mismo libro se da la definición de *peso* como la fuerza con que la tierra

atrae el cuerpo (...) el peso de un cuerpo es la fuerza que imprime a ese cuerpo una aceleración \mathbf{g} (...).

El primer libro que se utiliza en la enseñanza media en Cuba donde aparecen estos conceptos es *FÍSICA, 10^o grado* [22] y con respecto al concepto de *peso* se señala que “la fuerza \mathbf{F} de naturaleza elástica con que un cuerpo (...) actúa sobre el apoyo o suspensión (...) recibe el nombre de peso y lo representamos por la letra \mathbf{P} ” (pág. 139, [22]) y haciendo un análisis de las interacciones de un cuerpo apoyado en reposo y la superficie de apoyo se obtiene que $\mathbf{P} = -\mathbf{N}$ siendo \mathbf{N} la fuerza normal, de carácter elástico, que ejerce el apoyo sobre el cuerpo constituyendo ambas fuerzas *un par de acción y reacción*. Posteriormente al analizar las fuerzas que actúan sobre ese cuerpo se concluye que $-\mathbf{N} = \mathbf{F}_g = m\mathbf{g} = \mathbf{P}$, es decir la normal tiene un valor igual al de la fuerza de gravedad e igual en valor al peso del cuerpo sobre el apoyo.

Mientras, para llegar al concepto de *masa* [22] se parte de un experimento de interacción entre dos cuerpos de masas m_1 y m_2 los cuales adquieren las aceleraciones a_1 y a_2 respectivamente, concluyendo que: $a_1/a_2 = m_2/m_1$. Si ahora se asume que el cuerpo 1 es un cuerpo patrón llámado *unidad de masa* se obtiene que la masa del cuerpo 2 se puede obtener por la relación $m_2 = a_1/a_2$. (1 unidad de masa patrón). Como resultado de este análisis se llega al concepto de *masa* como “la magnitud física escalar que expresa su inercialidad y se determina por la relación de la aceleración del cuerpo patrón y la aceleración del cuerpo en cuestión durante la interacción” (pág. 120, [22]); expresándose además que la masa de un cuerpo se puede medir con una balanza utilizando como masa patrón la de un kilogramo

Los conceptos de peso expresados en los libros de textos oficiales empleados en las escuelas de las dos regiones en estudio tienen naturalezas totalmente diferentes: en São Carlos el concepto de peso se identifica con la fuerza de gravedad que actúa sobre el cuerpo, coincidiendo con la mayoría de los conceptos presentados en la revisión realizada por Morrison [15] y en la investigación de Galili y Kaplan (citado en [17]). En tanto, en el texto usado en Santiago de Cuba, el peso se identifica con la fuerza de carácter elástico que ejerce el cuerpo sobre el “obstáculo” según Iona [16].

Mientras que en relación al concepto de masa estos textos coinciden en que la masa se puede medir con la balanza utilizando la masa patrón del kilogramo y que es una magnitud característica de cada cuerpo en particular, pero en el texto empleado en Santiago de Cuba queda explícito que caracteriza la inercialidad del cuerpo como respuesta a las interacciones con otros cuerpos.

IV. METODOLOGIA

Para dar cumplimiento al objetivo de este trabajo, la investigación se desarrolló en el Instituto de Física de São Carlos, Universidad de São Paulo (IFSC-USP), (Brasil) y en el Departamento de Física de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba (DFUO), (Cuba) en el marco del Proyecto CAPES/MES (No. 109/10) [23].

La investigación desarrollada es descriptiva del tipo “survey” [24] con la finalidad de identificar cuáles situaciones, eventos, actitudes u opiniones se derivan del objeto de estudio. El punto de partida y referencia de la misma fueron los resultados obtenidos de una pregunta cerrada de opción múltiple (cinco alternativas) del cuestionario que fue aplicado a los alumnos de primer y segundo año de enseñanza media de São Carlos y región aledaña que participaron en la IV Olimpiada de Matemática, Química y Física en el IFSC-USP en 2008.

Con el propósito de delinear el conocimiento y aplicación de la relación de proporcionalidad entre los conceptos de masa y peso, la pregunta en estudio requería un cálculo usando la relación $P = mg$. Esta pregunta se confecciona para verificar el aspecto cuantitativo que se incluye en la zona III del perfil conceptual reportado en [14].

Posteriormente, a la pregunta cerrada se le añadió un ítem con el objetivo de que se justificara la alternativa escogida y fue aplicada en la EP de la ciudad de São Carlos a los alumnos de primer año de enseñanza media en 2009 y 2010 y en la XXXII Olimpiada del Saber en el DFUO a los alumnos de primer y segundo año en 2012 en la región de Santiago de Cuba.

Al incluir las justificaciones a la alternativa elegida se logra que los alumnos expresen el grado de desarrollo sobre estos conceptos y la presencia que pudieran tener en los mismos las *ideas previas*, ya que tienen que reflexionar sobre los conocimientos teóricos que poseen y sus experiencias cotidianas. Esto trae como consecuencia que sus justificaciones pudieran ser incluidas en más de una zona de las que se consideran en este trabajo.

La pregunta cerrada de opción múltiple fue la siguiente: *Un hombre de 80kg viviendo en un planeta hipotético donde la aceleración de la gravedad es de 8m/s^2 está sometido a orientación médica. Después de 30 días de tratamiento se verificó que su peso era de 680N. Con base a estas informaciones señale la alternativa correcta.*

1. *La masa del hombre permaneció la misma durante el período de tratamiento.*
2. *El peso del hombre aumentó durante el período de tratamiento.*
3. *La masa del hombre disminuyó durante el período de tratamiento.*
4. *El peso del hombre disminuyó durante el período de tratamiento.*
5. *El peso del hombre permaneció el mismo durante el período de tratamiento.*

La alternativa 2 es la correcta.

El ítem añadido para la justificación fue el siguiente: *Haga una explicación de por qué escogió la alternativa como correcta.*

Se ha considerado en este trabajo como una *sexta alternativa*, la no respuesta a la pregunta tabulándose como una *elección errada* para todos los casos analizados.

La población participante en la respuesta a la pregunta de referencia dividida por años académicos y el lugar donde se aplicó se muestran en la Tabla I.

TABLA I. Cantidad de alumnos, años académicos y lugar de aplicación.

	Pregunta		Pregunta y justificación		
	Olimpiada (IFSC)		EP (São Carlos)	Olimpiada (DFUO)	
Años académicos	1°	2°	1°	1°	2°
Cantidad de alumnos	8821	6800	283	19	49
Totales	15621		283	68	

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó un procedimiento de estadística descriptiva (media, porcentaje) de modo que fuesen denotados los datos o las informaciones que ocurren con mayor frecuencia.

A continuación se hará el análisis en el mismo orden que aparece en la Tabla I.

a) IV Olimpiada de Matemática, Química y Física en el IFSC-USP

Los resultados de las respuestas correctas y erradas de la pregunta cerrada en la IV Olimpiada se presentan en la Tabla II. Como puede observarse, los porcentajes de los alumnos (por años y en total) que eligieron la alternativa correcta alcanza como máximo un 30,4% para el primer año, los otros porcentajes tienen menores valores.

Este resultado indica que el conocimiento de la mayoría de los alumnos sobre la relación de proporcionalidad de los conceptos de peso y masa como Newton descubriera es deficiente.

Los alumnos que menos acertaron son los de segundo año con un 26,6%, los cuales estudiaron esos conceptos en primer año y que en el segundo año debieron sistematizar. Esto indica que los mismos han sido olvidados al transcurrir el tiempo.

TABLA II. Resultado de elecciones correctas y erradas en la IV Olimpiada en el IFSC-USP.

	Totales	Elecciones correctas		Elecciones erradas	
		Nº	%	Nº	%
Alumnos (1º año)	8821	2683	30,4	6138	69,6
Alumnos (2º año)	6800	1809	26,6	4991	73,4
Total Gral	15621	4492	28,8	11129	71,2

En la Fig. 1 se presentan los resultados expresados en porcentajes correspondientes a las cinco alternativas

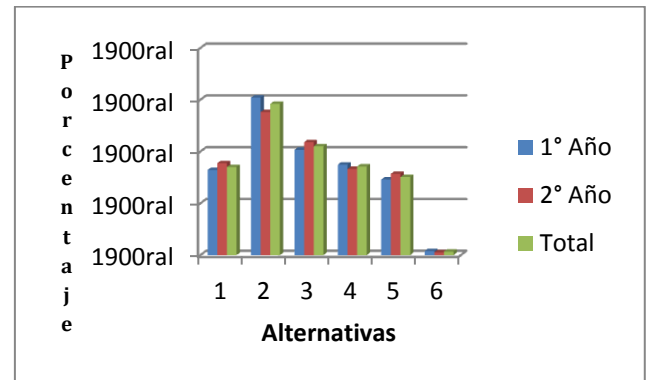


FIGURA 1. Porcentajes de elección para cada alternativa en la IV Olimpiada en el IFSC-SP.

En la misma Fig. 1 se observa que entre las alternativas erradas para el total de los alumnos, la de mayor porcentaje es la alternativa 3 con un 21% (*la masa del hombre disminuyó durante el período de tratamiento*) siguiéndole la 4 con un 17,1% (*El peso del hombre disminuyó durante el período de tratamiento*), teniéndose un 38, 1% entre ambas. Las otras alternativas que ofrece la pregunta tienen valores más bajos y más próximos entre sí. Un 0,7% no hace ninguna elección.

b) Escuela Pública de São Carlos

Los resultados de las elecciones de las alternativas aportadas por los alumnos de la EP se muestran en la Tabla III, separándolos por años de aplicación.

TABLA III. Resultado de las repuestas correctas y erradas en la EP de la ciudad de São Carlos.

Años de aplicación	Totales	Elecciones correctas		Elecciones erradas	
		Nº	%	Nº	%
2009	146	39	26,9	107	73,3
2010	137	42	30,7	95	69,3
Total Gral	283	81	28,6	202	71,4

En la Fig. 2 se muestran los porcentajes de elección a las diferentes alternativas que ofrece la pregunta para el total de los alumnos, siendo la sexta alternativa de no elección de ninguna.

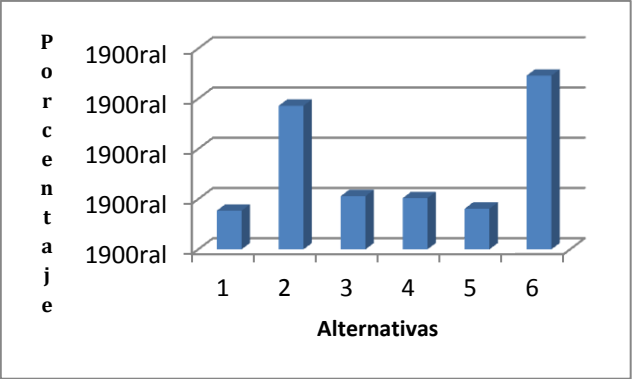


FIGURA 2. Porcentajes de elección para cada alternativa en la EP de la ciudad de São Carlos.

Un 28,6% de estos alumnos escogieron la alternativa correcta, inferior al resultado que se obtuvo para los alumnos de primer año que participaron en la IV Olimpiada cuyo porcentaje fue de un 30,4%, sin embargo, ambos resultados se consideran deficientes si se tiene en cuenta que son alumnos del primer año que reciben en ese curso por primera vez, los conceptos de peso y masa como contenido curricular.

De las alternativas erradas, la de mayor porcentaje corresponde a la alternativa 3 con un 10,6% (que se refiere a la *disminución del peso*) siguiéndole la alternativa 4 con un 10,2% (que se refiere a la *disminución de la masa*), teniendo entre ambas un porcentaje total de un 20,8%. Un comportamiento similar se tuvo en la IV Olimpiada totalizando ambas categorías.

Sólo un 47% del total de alumnos participantes justifica por qué eligió una alternativa determinada y, de ese modo pudo conocerse sus representaciones de los conceptos de peso y masa con la finalidad de poder esbozar el perfil conceptual de esa población. Esto evidencia que más de la mitad de los alumnos carece de criterio de elección.

De los alumnos que señalaron la alternativa correcta, un 39,5% dieron justificaciones acertadas en las cuales identifican e interpretan los conceptos de peso y masa expresando correctamente su relación cuantitativa. Un ejemplo de justificación correcta consistió en que, el alumno calcula el peso del hombre en el planeta hipotético usando la ecuación $P = mg$ obteniendo el valor de 640N. Al comparar con el dato de la pregunta, que es de 680N, concluye que el peso del hombre aumentó.

Las otras respuestas son muy variadas, incluyendo aquellas que no tienen ningún análisis físico como por ejemplo: *El peso del hombre aumentó porque él estaba en tratamiento y tenía que alimentarse y no podía ejercitarse por lo que su peso aumentó.*

Es significativo que, el porcentaje de alumnos correspondiente a la sexta alternativa es de un 34,6%, superior al obtenido en la IV Olimpiada que fue de un 0,7%, lo que puede deberse a que no dominan los conceptos en estudio o no poseen ideas previas sobre ellos.

c) XXXII Olimpiada en el DFUO

Los resultados obtenidos en esta XXXII Olimpiada expresados en porcentajes de respuestas correctas y erradas se muestran en la Tabla IV.

TABLA IV. Resultado de las elecciones correctas y erradas en la XXXII Olimpiada en el DFUO.

	Totales	Elecciones correctas		Elecciones erradas	
	Por años	Nº	%	Nº	%
Alumnos (1º año)	19	18	94,7	1	5,3
Alumnos (2º año)	49	31	63,3	18	36,7
Total Gral	68	49	72,1	19	27,9

En este caso, el porcentaje menor de elecciones correctas es de 63,3%, que corresponde a los alumnos de segundo año. Los porcentajes de acierto superan los obtenidos en las escuelas de la región de São Carlos (V Olimpiada y en la EP) y coincidiendo con éstas, los alumnos de segundo año obtienen el menor porcentaje de acierto. La razón parece ser la misma: los conceptos de peso y masa que reciben en el primer año se olvidan al transcurrir el tiempo.

Los resultados correspondientes a las cinco alternativas elegidas en la XXXII Olimpiada aparecen en la Fig. 3. La sexta alternativa, como en los casos anteriores, corresponde a la de no elección.

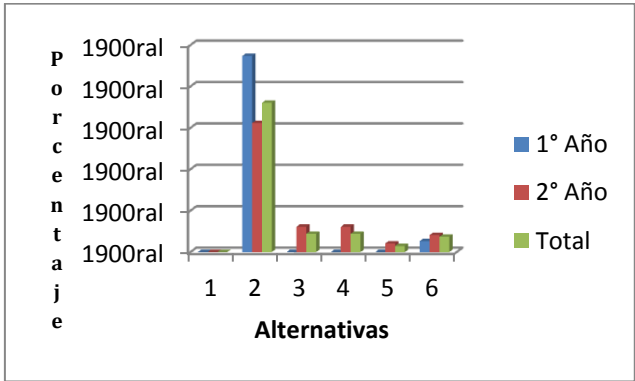


FIGURA 3. Porcentajes de elección para cada alternativa en la XXXII Olimpiada en el DFUO.

Se observa, que de las alternativas erradas, la de mayor porcentaje para el total de alumnos corresponde a la alternativa 4 (que se refiere a la *disminución de peso*) y a la alternativa 3 (que se refiere a la *disminución de masa*) ambas con un 8,8% para un total de un 17,6% entre ambas. Este comportamiento es similar, asumiendo las categorías por separado, al obtenido para la EP y similar al de la IV Olimpiada totalizando ambas.

Del total de alumnos participantes, un 74,9% aporta justificativas a la alternativa elegida. De ellos justificaron de manera correcta un 79,6% señalando por ejemplo que: *El peso del hombre aumentó ya que su masa aumentó y ambos son directamente proporcionales, pues la aceleración de caída libre del planeta es constante*. Sin embargo, se tienen justificaciones que se acogen al sentido común y a la influencia del lenguaje popular como, por ejemplo, relacionado con la supuesta enfermedad del hombre un alumno expresa: *Debido al tratamiento médico, el hombre comió mucho mejor y por eso aumentó de peso*. Esta respuesta es muy similar a la dada por un alumno de la EP mostrada anteriormente donde el aspecto de *causalidad directa* [1] característico de las ideas previas está presente.

Lo anterior refleja que el sentido común de los alumnos los induce a pensar de la misma forma, independientemente de vivir en regiones muy distantes geográficamente y en países con diferentes culturas.

Esta forma de relacionar la situación del tratamiento médico de la persona con una determinada enfermedad y que, en consecuencia haya pérdida de masa o peso asumiendo estos conceptos como equivalentes, puede explicar que los resultados de las alternativas incorrectas más seleccionadas coincidan, precisamente, con la *disminución de la masa* y con la *disminución del peso*.

En este caso solo un 7,4% del total de alumnos participantes no eligió ninguna de las cinco alternativas que ofrecía la pregunta, siendo superior al obtenido para la V Olimpiada que fue de un 0,7%. Mientras que un 5,3% de los alumnos de primer año no hizo ninguna elección, porcentaje muy inferior al que se obtuvo en la EP que fue de un 34,6%.

d) Representaciones y perfiles conceptuales de los conceptos de peso y de masa

Se presentan a continuación algunos ejemplos de justificaciones a la alternativa elegida por los alumnos donde se pone de evidencia el grado de desarrollo del conocimiento que poseen sobre los conceptos de peso y masa. En dependencia del mismo fueron clasificadas en determinadas zonas con la finalidad de presentar un esbozo de perfil conceptual para cada una de las poblaciones en estudio (EP y XXXII Olimpiada) calculando el porcentaje de justificaciones para cada zona respecto al total de alumnos participantes.

Ejemplos para el caso de la elección de la alternativa correcta (2) y sus justificaciones correspondientes:

1. *El peso del hombre aumentó ya que su masa aumentó y ambos son directamente proporcionales, pues la aceleración de caída libre del planeta es constante*, se corresponde con la *zona III* porque considera la *masa distinta de peso pero proporcional a este y fuente de flujo de fuerza gravitacional* (pág. 11, [14]).

2. *Debido al tratamiento médico, el hombre comió mucho mejor y por eso aumentó de peso* se corresponde con la *zona I*, sin embargo, este alumno además realizó el cálculo utilizando la relación de proporcionalidad para determinar de forma correcta el peso antes del tratamiento, lo que se

incluiría en la *zona III*. Esto indica que en este alumno coexisten dos representaciones: la primera *pre-teórica sin relación con el referencial teórico (zona I)* y la segunda donde está utilizando una *definición relacional entre las magnitudes de masa y peso (...) estructurados en un "sistema nocional"* (*zona III*) (pág. 11, [14]). En este caso se considera que comparte dos zonas: la I y la III.

3. *El peso del hombre aumentó por estar en una gravedad más baja, por estar en esa gravedad más baja él hace menos esfuerzo en moverse y para mover cosas*, sin aplicar la relación de proporcionalidad se incluiría en la *zona I* por la misma razón expuesta en el ejemplo 2.

4. *Porque la masa permanece constante y sólo el peso de él es el que aumenta*. En este caso es evidente el desconocimiento de la relación de proporcionalidad entre peso y masa, sin embargo, se clasifica en la *zona II* porque el alumno manifiesta una *distinción entre masa y peso (...) más empírico que lógico* (pág. 11, [14]).

Ejemplos de elecciones erróneas y sus justificaciones correspondientes:

Todas las justificaciones se clasificaron en la *zona I*.

1. Alternativa 1: *Como es la misma gravedad de 8m/s^2 la masa permanece la misma*. El alumno asume una errada proporcionalidad entre la masa y la aceleración de la gravedad, y al ser esta última constante, concluye que la masa no varía.

2. Alternativa 3: *La masa disminuyó ya que al ser menor la gravedad a la vez su peso será cada vez menor siempre. La masa es directamente proporcional a la gravedad ($m \sim g$)*. Se evidencia una clara identificación entre peso y masa de tal manera que considera que la masa depende de la aceleración de la gravedad y al ésta disminuir, disminuye la masa. En este caso el alumno parece que compara la gravedad del planeta hipotético con la terrestre.

3. Alternativa 4: *Pues él estaba en período de tratamiento médico y sería bien probable que él fue para perder algunos kg*. En este caso elige la alternativa que se refiere a que el peso disminuyó identificando la masa con el peso ya que alude la pérdida de algunos kilogramos.

4. Alternativa 5: *Pues 80kg eran de masa que equivalen a 680N de peso, o sea, el permaneció con el mismo peso y la masa se mantuvo*. Se evidencia que el alumno no conoce la relación de proporcionalidad y no diferencia claramente los conceptos de peso y masa por lo que concluye que el peso del hombre no cambió.

En la Fig. 4 se muestran las zonas del perfil conceptual promedio de los alumnos de la EP y de los alumnos que participaron en la XXXII Olimpiada.

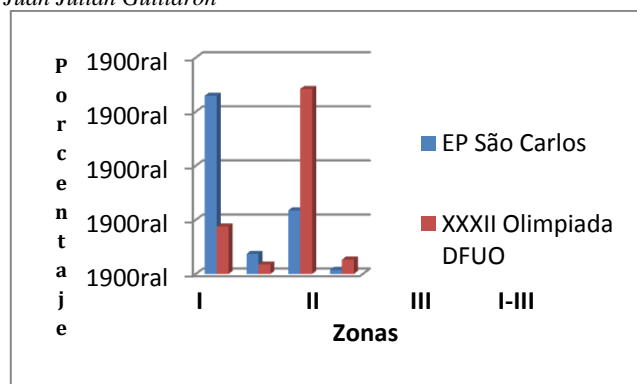


FIGURA 4. Esbozo de las zonas de los perfiles conceptuales de las poblaciones investigadas.

Se observa que los resultados de las justificaciones de ambos grupos son opuestos, ya que para la mayoría de los alumnos de la EP corresponden a la zona I, mientras que para los de la XXXII Olimpiada corresponden a la zona III, lo que indica que sus concepciones sobre los conceptos estudiados, en general, se acercan más a las científicas.

Este resultado puede deberse a que los alumnos de la EP son alumnos que asisten regularmente a sus clases de física, mientras que los que asistieron a la XXXII Olimpiada, además de recibir las clases en sus respectivas escuelas, la mayoría muestran vocación por la física y reciben un entrenamiento especial previo para participar en este tipo de evento.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo muestran como una regularidad que, en las dos regiones estudiadas, los porcentajes de respuestas correctas correspondientes al segundo año son inferiores a los de primer año. Este es un resultado contradictorio, ya que los conceptos de peso y masa que se imparten por primera vez en la enseñanza media en primer año, se deben sistematizar en el segundo año y se evidencia que existe un significativo olvido de los mismos al transcurrir el tiempo por un aprendizaje deficiente.

Otra regularidad encontrada, con relación a la selección de las alternativas, consiste en que las mayores incorrecciones están referidas a la *disminución del peso o la masa*, seguida del *aumento del peso* asociados a la supuesta enfermedad del hombre y al tratamiento médico aplicado como una manifestación de la influencia del lenguaje popular y de las vivencias de lo cotidiano que conllevan a la identificación entre ambos conceptos. Es una clara evidencia de la prevalencia de las ideas previas como factor cognitivo en relación a los conceptos científicos recibidos en la escuela. Este factor restringe el aprendizaje de estos conceptos, lo que es un indicador de la necesidad de que sean tomados en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje como una guía para lograr su transformación.

Los porcentajes de elecciones erradas en las dos

Olimpiadas son inferiores al de la Escuela Pública evidenciando que estos últimos alumnos que siguen sólo la educación formal muestran menores posibilidades para una elección acertada que los participantes en las Olimpiadas que, además de dicha educación, tienen en algunos casos una complementaria (extracurricular) que les brinda una mayor preparación.

Lo anterior también se puede evidenciar en el esbozo de las zonas de los perfiles conceptuales de las poblaciones de la EP de São Carlos y de la Olimpiada del DFUO: para el perfil conceptual de esta última prevalece la zona III mostrando un mayor grado de desarrollo conceptual científico en relación con la primera cuya prevalencia es de la zona I.

Del resultado de la búsqueda de diferentes definiciones de los conceptos de peso y de masa reportadas en los libros para los cursos introductorios de Física, y en específico en los textos que se utilizan en las escuelas objeto de este trabajo, se considera que tal diversidad contribuye a incrementar la confusión existente sobre estos conceptos; por lo que existe la necesidad de un consenso global acerca de definiciones de la misma naturaleza, al menos para la enseñanza media, que ayudaría a minimizar este estado de confusión y eliminar las posibles diferencias regionales en su enseñanza.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con apoyo del proyecto de investigación CAPES/MES (No. 109/10).

REFERENCIAS

- [1] Mora, C., Herrera, D., *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 72-86 (2009).
- [2] Chams-eddine, K., *Newton's laws of motion revisited: some epistemological and didactic problems*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **5**, 10-15 (2011).
- [3] Brookes, D. T., Etkina, E., *"Force," ontology and language*, Physical review special topic. Physics education research **5**, 010110 (2009).
- [4] Bravo, B., Pesa, M. y Pozo, J. I., *Los modelos de la ciencia para explicar la visión y el color: Las complejidades asociadas a su aprendizaje*, Enseñanza de las Ciencias **28**, 113-126 (2010).
- [5] Einstein, A., Infeld, L., *La Física aventura del pensamiento: El desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos, hasta la relatividad y los cuantos*, (Editorial Científico-Técnica, La Habana, 2008).
- [6] Newton, I., *Principios matemáticos de la filosofía natural*, (Editorial Nacional, Madrid, 1982).
- [7] Criado, C., *Acrobatics sort mass from weight*, Physics Education **44**, 10-11 (2009).
- [8] Henao, B. L., Stipcich, M. S., Moreira, M. A., *La educación en ciencias desde la perspectiva epistemológica*

- de Stephen Toulmin, Lat. Am. J. Phys. Educ. **5**, 232-248 (2011).
- [9] Menezes, A. P. S., *A influência Negativa das Propagandas Brasileiras nos Conceitos Científicos de Massa e de Peso*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 677-680 (2009).
- [10] Brookes, D., *Using conceptual metaphor and functional grammar to explore how language used in physics affects student learning*, Physical review special topic. Physics education research **3**, 010105 (2007).
- [11] Porlán, R. et al., *El cambio del profesorado de Ciencias I: Marco teórico y formativo*, Enseñanza de las Ciencias **28**, 31-46 (2010).
- [12] Campanario, J. M., Otero, J. C., *Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **18**, 155-169 (2000).
- [13] Periago, M. C., Bohigas, X., *Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de Ingeniería*. Disponible en: <http://redie.uabc.mx/vol7no2/contenido-periago.html>, Visitado 1 Agosto de (2012).
- [14] Santos, R. P., Carbó, A. D., *Uma proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Massa*. Disponible en: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/sys/resumos/T0003-2.pdf>. Visitado 26 Julio de (2012).
- [15] Morrison, R. C., *Weight and Gravity. The Need for Consistent Definitions*, The Physics Teacher **37**, 51-52 (1999).
- [16] Iona, M., *The Meaning of Weight*, The Physics Teacher **13**, 263-274 (1975).
- [17] Ramírez, M. H., González, G. A. y Miranda, I., *Detección y análisis de errores conceptuales en estudiantes de física de nivel universitario utilizando el sistema 4MAT*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 93-101 (2009).
- [18] Vila, J., Gómez, M., *Algunas imprecisiones que nos encontramos en la Física teórica actual*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 241-246 (2009).
- [19] Vila, J., Sierra, J., *Weightlessness vs. absence of gravity. An illustration of a didactic approach showing accuracy and attention to fact*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 143-146 (2008).
- [20] Ramalho, Jr. F., Ferraro, N. G., Soares, P. A. T., *Os fundamentos da Física Mecânica*, 6ª Ed. (Editora Moderna LTD, São Paulo, 1996), pp. 199-205.
- [21] Da Luz, A., Álvares, B., *Física, ensino médio*, Vol. 1, 1ª Ed. (Editora Scipione, São Paulo, 2008), pp. 152-158.
- [22] Hernandez, J. L., Vilau, E. M., Sifredo, C., Núñez, J., *FISICA, 10º grado, 4ª reimpresion* (Editorial Pueblo y Revolucion, 2005), pp. 119-139.
- [23] Guillarón, L. J. J., Méndez, P. L. M., Baffa, L. A., Hernandes, A. C., *Estudio de la orientación para el ingreso a las carreras de física y de los criterios de estudiantes de enseñanza media sobre los modos de actuación del físico: resultado de un proyecto de colaboración entre Brasil y Cuba*. Disponible en: http://tiberio.uh.cu/sites/default/files/Trabajos/LAJPE_TIBERO_ULTIMO.pdf. Visitado 25 Julio de (2012).
- [24] Benevides, C. R. et. al., *Nível de conhecimento dos conceitos básicos de avaliação física pelos profissionais nas academias da cidade de João Pessoa PB*, Rev. Saúde **1**, 90-94 (2005).