LAS UNIDADES EN PROBLEMAS DE FÍSICA PARA ESCUELA SECUNDARIA[+*]

Sonia Beatriz González
Departamento de Física y de Química
Facultad de Filosofía Humanidades y Artes
Universidad Nacional de San Juan
Consuelo Escudero
Departamento de Física – Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de San Juan
Departamento de Biología
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales
Universidad Nacional de San Juan
San Juan – Argentina

Resumen

Solving exercises and Science problems promote the development of abilities related with the elaboration of new operating schemes as the consolidation of structures that have been built along the school work of the student. One of the aspects to be considered in the development of structures is that one referred to the conceptualization of the measurement and units system. Through the analysis of some problematic situations faced by High School students of first year (around 15 years old), higher level, we observe that there may be concepts in action and theorems in action, with their respective rules of action mostly related with those basic structures built in the mathematics field and with those strategies activated in daily life. The discrimination of the different type of decisions taken by the student while solving a problematic situation, carried out on the light of the Theory of Conceptual Fields

[+] The units in Physics Problems in High School

* *Recebido: novembro de 2008.*
Aceito: agosto de 2009.

of Vergnaud, invites us to think over the differences in the level of difficulty present in every magnitude as well as the need of making a critical review of the equivalence concept.

Palabras-clave: *Unidades; campo conceptual; número; aprendizaje.*

Abstract

Solving exercises and science problems promotes the development of abilities related with the elaboration of new operating schemes as the consolidation of structures that have been built along the school work of the student. One of the aspects to be taken into account in the development of structures is that one referred to the conceptualization of the measurement and units system. Through the analysis of some problematic situations faced by high school students of first year (almost 15 years old), higher level, we observe that there may be concepts in action and theorems in action, with their respective rules of action mostly related with those basic structures built in the mathematics field and with those strategies activated in daily life. The discrimination of the different type of decisions taken by the student while solving a problematic situation, carried out on the light of the Theory of conceptual fields of Vergnaud, invites us to think over the differences in the level of difficulty present in every magnitude as well as the need of making a critical review of the equivalence concept.

Keywords: *Units; conceptual field; number; learning.*

I. Introducción

En la resolución de ejercicios y problemas de Física se encuentra siempre presente un aspecto poco apreciado por los alumnos de la escuela secundaria: las unidades. Este ejercicio reiterado de ignorar o desvalorizar la medición y los sistemas de unidades es una de las señales que indica la existencia de un aprendizaje superficial, en el que se encuentra ausente la noción de magnitud y en el que se piensa que la sola presencia de una fórmula es garantía de una resolución segura.

Esta estrategia quizá sea desarrollada por los alumnos en virtud de una carencia en el despliegue de los contenidos de ciencia y de matemática, cual es la consideración de los sistemas de medición como sistemas externos de representación cuyos elementos y reglas de uso deberían hacerse presentes en forma más sistemática y teniendo en cuenta su lugar dentro de los diferentes campos de conocimiento de la Física. Esto es: la construcción de la noción de magnitud física comienza con la interacción informal con los objetos, pero esa estructura que se va armando espontáneamente queda en un nivel muy elemental si luego no se continúa aportando conocimiento desde diversas perspectivas.

El proceso de medición es el resultado de la interacción entre tres sistemas: el sistema objeto, el sistema aparato de medición y el sistema de comparación, y la profundización en su conocimiento requiere la acción deliberada y consciente de la instrucción. Por otro lado, el proceso de medición define una magnitud física dando como resultado el valor de esa magnitud, que va acompañada de un símbolo arbitrario y convencional que le otorga significado a todo el proceso (Roederer, 2002).

Habría que preguntarse si todos los alumnos (del nivel en el que se trabaja el tema), están en condiciones de entender que la medición involucra el uso de múltiplos y submúltiplos de la unidad elegida. A la vez, el empleo de submúltiplos implica el trabajo con fracciones de unidad, con todo lo que el aprendizaje de éste tópico significa.

> *Para los antiguos egipcios, el problema de expresar las partes de un todo fue el motor de la invención de las fracciones, junto con la necesidad de medir cantidades continuas, ya que los números naturales resultaban insuficientes. En la enseñanza, las fracciones se introducen habitualmente a través del modelo parte-todo y esta elección está apoyada por investigaciones al respecto* (PUJADAS; EGUILUZ, 2006, p. 19).

De acuerdo con Castorina y Palau (1982), cuando el niño aprende el uso de un intermediario (que funciona como unidad de medición), incluye las partes en un todo, constituyendo de esta manera las operaciones infralógicas necesarias para la medición.

Además, es importante discriminar las diferencias en los niveles de dificultad en la comprensión de las diferentes magnitudes: longitud, masa, tiempo, velocidad y fuerza, explicitar los criterios por los cuales se clasifican en magnitudes fundamentales y magnitudes derivadas, insistir en la composición de los diferentes sistemas de medición para que se pueda construir la clase de objetos con los que se trabaja. Si bien existe una ordinalidad en los mismos, de amplio uso didáctico, habría que cuestionar si es esa la propiedad más accesible desde el punto de vista del conocimiento para ser abordada en la enseñanza. Otras de las cuestiones a revisar son: la naturaleza del referente y como es la relación entre referente y representación.

El estudio de las magnitudes y de los sistemas de unidades se encuentra en la intersección de los contenidos de la Matemática con otras ciencias, pero es bien sabido que para el desarrollo de la Física es primordial el uso de su lenguaje, siempre abierto a nuevas posibilidades.

De modo que podemos apreciar que la cuestión de las unidades aparece como un problema complejo en el que confluyen conocimientos relacionados con la conceptualización en ciencias y en matemática, la simbología, la comunicación, y el omnipresente lenguaje.

II. Fundamentación teórica

La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud[1] es una teoría psicológica de los conceptos (Vergnaud, 1990), una teoría cognitivista del proceso de conceptualización de lo real. Se trata de una teoría pragmática en el sentido que presupone que la adquisición de conocimientos es moldeada por situaciones, problemas y acciones del sujeto en esas circunstancias (Vergnaud, 1994). Es decir, que por medio de su resolución es que un concepto adquiere sentido para el alumno. Además es una teoría de la complejidad cognitiva, que contempla el desarrollo de situaciones progresivamente dominadas, de los conceptos y teoremas necesarios para operar eficientemente en esas situaciones y de las palabras y símbolos que pueden eficazmente representar esos conceptos y operaciones para el individuo, dependiendo de su nivel cognitivo.

Gérard Vergnaud, discípulo de Piaget, amplía y redirecciona en su teoría el foco piagetiano de las operaciones lógicas generales, de las estructuras generales de pensamiento hacia el estudio del funcionamiento cognitivo del "sujeto-en-situación". Además de eso, a diferencia de Piaget, toma como referencia el propio contenido del conocimiento y el análisis conceptual de dominio de ese conocimiento (VERGNAUD, 1994; FRANCHI, 1999). Para Vergnaud, Piaget no se dio

[1] Una descripción de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud y de sus implicaciones para la investigación y la enseñanza de las ciencias puede consultarse en Moreira (2004) y en Escudero (2005).

cuenta de cuánto el desarrollo cognitivo depende de situaciones y de conceptualizaciones específicas necesarias para lidiar con ellas (1998). Según él, Piaget tampoco percibió lo infructuoso que es intentar reducir la complejidad conceptual, progresivamente dominada por niños y jóvenes a algún tipo de complejidad lógica general (1994).

A principios de los ochenta, Vergnaud introduce una noción de concepción en la que interviene el sujeto. Para este autor la concepción que construye un sujeto en relación con un concepto va variando con el tiempo y, en tal sentido resulta ser un estado cognitivo global de dicho sujeto a un objeto determinado (físico, matemático, etc.).

Bajo este referencial un concepto no puede reducirse a su definición, principalmente si nos interesamos por su aprendizaje y su enseñanza. Es a través de las situaciones y de los problemas a resolver que adquiere sentido para un estudiante. La idea de Vergnaud de que los conceptos adquieren sentido por y para las situaciones y, por tanto "*se desarrollan a través de la resolución de problemas*" (VERGNAUD, 1983), deja claro el papel de la resolución de problemas en el ámbito del proceso de conceptualización (MOREIRA, 2004) y el papel del profesor y del lenguaje.

Entre los individuos lo que se desarrolla son formas de organización de la actividad. El problema de la enseñanza suele ser en gran parte el de llevar al aprendiz a desarrollar sus competencias. Por tanto, para desarrollar dicha noción Vergnaud ha utilizado el concepto de esquema[2].

La teoría de los campos conceptuales apunta esencialmente a definir un objeto que sea de tamaño razonable, y a comprender cómo se desarrollan los procesos de conceptualización a lo largo de varios meses e incluso años. Al decir de Vergnaud un campo conceptual se concibe como un espacio de problemas, de clases de problemas, y al conjunto de situaciones cuyo dominio requiere variedad de conceptos, procedimientos y representaciones simbólicas en estrecha conexión. Vale la pena considerar aquí que su integración no se produce espontáneamente, y que afortunadamente, se ponen en juego en toda situación – cualitativa, cuantitativa, experimental, teórica – en la que tengan que articularse para poder generar respuestas coherentes. En este sentido conviene recordar algunas acciones que acompañan a la aparición de la función semiótica y que continúan sosteniéndola

[2] No es un concepto simple, porque la misma palabra ha sido empleada con varias significaciones en el ámbito de las representaciones internas. Una discusión más detallada sobre estas diferencias puede encontrarse en Escudero (2005), Escudero y Moreira (2004).

durante el desarrollo: el juego simbólico, el dibujo, la imagen y la evocación mental.

> *...implica la evocación representativa de un objeto o de un acontecimiento ausentes, y que supone, en consecuencia, la construcción o el empleo de significantes diferenciados, ya que deben poder referirse a elementos no actualmente perceptibles tanto como a los que están presentes* (PIAGET; INHELDER, 1977, p. 60-62).

En cuanto a los sistemas externos de representación, podemos decir que son objetos visibles que tienen una doble naturaleza: por un lado forman un conjunto de marcas desplegables en el espacio y directamente perceptibles, y por otro lado remiten a otra realidad. El conjunto de propiedades formales de los sistemas de notación los caracteriza por partida doble, determinan lo que es posible y lo que no es posible dentro del sistema. Y si bien no son la traducción directa de una realidad, sino modelos de esa realidad, crean nuevas realidades, permiten discriminar otras relaciones tal como sucede con los mapas, los sistemas de escritura, los sistemas de notación numérica, etc. (MARTÍ, 2003).

Un niño que crece en la sociedad de hoy se encuentra rodeado por una diversidad de sistemas externos de representación en forma tan natural, que se corre el riesgo de considerarlos de fácil acceso y de uso espontáneo.

Si bien el ser humano desde muy pequeño se encuentra en contacto e interactúa con los sistemas de medidas en forma oral, el gran paso que se da al representarlos y luego operar con ellos, constituye una construcción completamente intencional y guiada en la instrucción escolar.

"El sistema de escritura no puede ser conceptualizado como sistema derivado del lenguaje cuyo objetivo sería el de una simple transposición" (MARTÍ, 2003, p.157).

Durante el proceso de construcción de los signos en Matemática, los niños parecen "olvidar" los signos formales y utilizan formas gráficas que les son propias. Esta etapa es la que permitiría que el sujeto reconstruya lo que aprende, en contextos diferentes. Lo que se adquiere por transmisión directa, queda sin que el sujeto lo integre a su propio sistema de interpretación (LEAL, 1999).

En este estudio se toma como referencia la construcción de la estructura conceptual del número y del sistema de numeración, dado que en ella se condensan dos conceptos que resultan pertinentes: clase e inclusión jerárquica: Clase en el sentido de los agrupamientos que debe realizar el estudiante de acuerdo con cada magnitud; inclusión jerárquica por el solo hecho de hablar de múltiplos y submúltiplos.

Las propiedades más elementales de los números empiezan a ser comprendidas por los niños desde muy pequeños y esos aprendizajes van configurando espontáneamente los primeros esquemas. A pesar de que se trata de esquemas muy rudimentarios, son los iniciadores de una futura lógica de la acción. Es decir, hablamos de sistemas que permiten relacionar y poner en correspondencia un conjunto de elementos conocidos para organizar el mundo circundante.

Otro aspecto a tener en cuenta es el papel de la función semiótica. Debemos pensar que aun en la adolescencia sigue presente la necesidad de apropiarse del significado a través del uso del símbolo – creación individual-, para después incorporar el signo en su dimensión de convención arbitraria.

III. Breve descripción del contexto de desarrollo de las clases

Se trata de cuatro cursos de escuela secundaria, conducidos por dos profesores diferentes, pero que trabajan en forma colaborativa planificando juntos ya que coinciden en uno de los establecimientos.

El proceso de enseñanza responde en ambos casos a un modelo, muy frecuente, de transmisión – recepción en el que las clases son, en su mayoría, exposiciones teóricas seguidas de espacios en los que se resuelven ejercicios y algunas situaciones problemáticas de lápiz y papel. No se desarrollan trabajos experimentales, virtuales o prácticos con materiales concretos. Ésta es una de las facetas a contemplar en las implicaciones didácticas.

Enunciado del problema

Se intenta encontrar regularidades en el uso convencional y funcional que hacen los alumnos de las unidades, en el campo conceptual de la Mecánica clásica, específicamente en la temática de Trabajo y Energía. Para ello se han analizado 120 evaluaciones escritas de alumnos de 1º año de nivel secundario con orientación en Ciencias Naturales.

Metodología de investigación

Esta es una investigación de tipo cualitativa, exploratoria, donde los agrupamientos se definen durante las sucesivas miradas al corpus (GLASER; STRAUSS, 1967). Esto supone un trabajo de inmersión en ellos que permite conocer sus similitudes y diferencias de manera de poder encontrar una cualidad que los describa lo más fielmente posible. Hemos analizado procesos y resultados de trabajo con unidades.

En las aulas en que se tomaron las evaluaciones el investigador actuaba como observador participante generándose un importante vínculo con el docente y compartiendo jornadas de trabajo grupal e individual con los alumnos.

En una primera etapa se encontró que aproximadamente en un 84 % de los trabajos hay evidencias de dificultades con las unidades, un 8 % corresponde a trabajos sin respuestas y el 8 % restante es de alumnos que resolvieron las tareas sin cometer errores. El presente trabajo se situó en la franja mayoritaria (101 evaluaciones), enfocando la atención en las dos situaciones (Adaptadas a partir de situaciones propuestas en MÁXIMO y ALVARENGA, 2005) que se enuncian a continuación:

Ejercicio 1

Dos personas compiten tirando de unas cajas que cuelgan de rieles, para desplazarlas una distancia de 45 metros. El competidor A tira del carro con una fuerza constante de 21 N y el competidor B con una fuerza de 25 N. a) ¿Cuál fue el trabajo que realizó cada competidor? b) ¿Cuál fue el tiempo empleado por cada uno si la potencia generada por el competidor A fue de 25 W y el de B fue de 31 W ¿quién ganó la competencia? (Fig. 1)

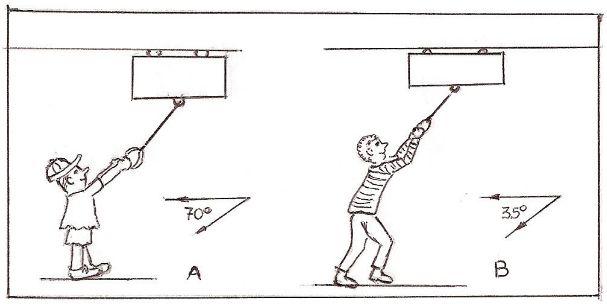

Fig. 1

Resolución

a) Este ítem no se analiza dado el elevado porcentaje de alumnos que lo resuelven correctamente, incluso las unidades.

Competidor A	Competidor B
T = F. d. cos 70º T = 21 N. 45 m. cos 70º T = 323,2 J	T = F. d. cos 35º T = 25 N. 45 m. cos 35º T = 921,5 J

b)

Competidor A	Competidor B
$P = \frac{T}{t}$ $t = \frac{T}{P}$ $t = \frac{323{,}2J}{25W}$ $t = \frac{323{,}2J}{25J/s}$ t = 12,9 s	$P = \frac{T}{t}$ $t = \frac{T}{P}$ $t = \frac{921{,}5J}{31W}$ $t = \frac{921{,}5J}{31J/s}$ t = 29,7 s

Respuesta: Ganó la competencia el competidor A

Ejercicio 2

En la Fig. 2 se muestra una montaña rusa en la que se desliza un carro que, con dos personas, tiene una masa de 200 kg. Considerando nula la fricción, calcular: a) La energía potencial en el punto P. b) La energía cinética en el punto R, si la energía mecánica es de 24,2 KJ. c) La velocidad en el punto R.

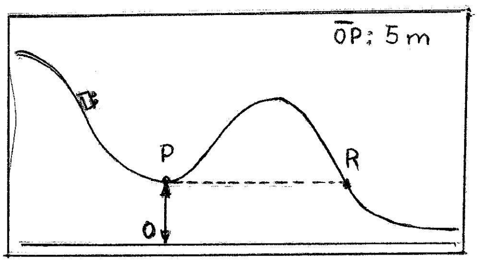

Fig. 2

Resolución

a)

Ep = m.g.h

Ep = 200 kg. 9,8 m/s^2. 5 m

Ep = 9800 J

b)
Em = Ep + Ec
Ec = Em – Ep
Ec = 24200 J – 9800 J
Ec = 14400 J
c)
Ec = ½ m v^2
v = $\sqrt{2E_c / m}$
v = $\sqrt{2.14400 kgm/s^2 m/200 kg}$
v = $\sqrt{144 m^2/s^2}$
v = 12 m/s

Preguntas orientadoras

En la segunda etapa del estudio, nos planteamos las siguientes preguntas:
En relación al ítem b del ejercicio 1:
− ¿Escribe la unidad en el resultado?
− ¿Es correcta la unidad?
− De acuerdo a los resultados obtenidos ¿responde correctamente a la pregunta?
En relación al ejercicio 2:
− ¿Escribe la unidad en el resultado?
− ¿Es correcta la unidad?
Frente a la cantidad de casos aparentemente diferentes tuvimos que agregar nuevos interrogantes relacionados con ambos ejercicios:
− La unidad del resultado ¿se obtiene claramente a partir del proceso o simplemente se consigna "apareciendo" al final?
− ¿Se observa el trabajo con unidades durante el proceso de resolución?

Posteriormente, la base de datos construida con estas respuestas, nos permitió advertir algunas regularidades que empleamos para proponer posibles esquemas de acción.

IV. Análisis de resultados

Los primeros resultados de los trabajos analizados, en relación al uso de unidades, permitieron encontrar dificultades que agrupamos en cuatro ítems:

1. Incoherencia entre magnitud y unidad.

2. Desconocimiento de la importancia de la homogeneidad de unidades cuando se resuelven operaciones, ya sea algoritmos o simplemente comparaciones.

3. Omisión de unidades durante el proceso de resolución.

4. Desvalorización del papel de las convenciones para representar los símbolos.

Efectuando un análisis más puntual de los procesos que siguen los alumnos para dar respuesta a las cuestiones que se les plantea, hemos podido observar que su mirada, en uno de los agrupamientos estudiados, se dirige a darle prioridad al concepto intuitivo de ganancia, más allá de los resultados de la situación planteada.

Por ejemplo, en el ítem b del ejercicio 1, en el que tienen que calcular los tiempos empleados por dos personas para realizar un trabajo y responder cuál de las dos gana, un 20 % responde que gana el que emplea más tiempo, y un 9 % más, no contesta.

Es decir, **si obtiene un número mayor, entonces es el que gana**.

Alumno 1

$P = T/t \longrightarrow t = T/P$

Situación A: t = 202,5 J/ 16 W

t= 12,65 s

Situación B: t = 172,8 J/ 12 W

t = 14,4 s

Respuesta: Ganó la competencia el competidor B

Algunas intuiciones primitivas son puntos de apoyo para los aprendizajes posteriores, mientras que otras constituyen obstáculos. En este caso podemos pensar que en el contexto socio cultural se genera una idea de **ganancia** con aquél que tiene más. Este grupo de alumnos aun no supera ese pensamiento construido en la cotidianeidad quizá debido, en parte, a la escasa diversidad de situaciones abordadas y un trabajo empobrecido en la sistematización de las unidades y sus significados. Al parecer el concepto-en-acción presente sería el de ganancia.

Por otro lado, es muy frecuente que no escriban las unidades durante el proceso de un cálculo, pero sí que continúen operando con los **números**. Otorgando de esta manera una importancia fundamental al valor numérico aunque no se sepa qué es lo que se obtiene.

En la medida en que vamos profundizando este análisis vamos encontrando otros conceptos, teoremas y reglas de acción que siguen los alumnos al resolver situaciones.

De acuerdo con lo expresado, podemos decir que un concepto clave que se activa es el de **número y sus propiedades**.

Los teoremas que ponen en acción cuando carecen de conocimientos suficientes en el campo conceptual en que están trabajando, pueden ser:

A) En el caso de ser conscientes de que las unidades son importantes:

− Si hay una diversidad de unidades, entonces elijo cualquiera que pertenezca al campo conceptual para acompañar al número.

− Si hay una diversidad de unidades, entonces no las escribo durante el proceso y coloco al final una unidad coherente con lo que busco.

Alumno 2
Em = Ec + Ep
Ec -= Ep – Em
Ec = 9800 J – 24,2 KJ*
Ec = 9775,8 J

Ha colocado una unidad, pero luego la ha tachado, dejando en claro que ese número debe tener una unidad aunque él no ha podido dilucidar cuál. (No nos detenemos en este momento en los errores que comete al operar matemáticamente.)

*Además aquí se encuentra presente la **regla de acción**: Puedo restar siempre que el minuendo sea mayor que el sustraendo, ¡sin atender a la heterogeneidad de las unidades! Es decir, aflora la intuición de que la resta provoca una disminución.

En otros casos escribe alguna unidad que pertenezca al campo conceptual:

Alumno 3
Ec = Em – Ep
Ec = Em – Ep
Ec = 24200 – 9800
Ec = 14400 Kg

Es decir:

−Si hay una diversidad de unidades, entonces elijo cualquiera que pertenezca al campo conceptual para acompañar al número.

A veces tiene idea de la unidad que debería obtener y la escribe al final:

Alumno 4
P = T/t
T = T – P
t = 94,5 J – 16 W
t = 98,5 s

aun cometiendo errores muy importantes en las operaciones matemáticas, tiene claro que el tiempo debe medirse en unidades de tiempo.

B) En el caso de no asignarle importancia a la unidad:

– **Si hay una diversidad de unidades, entonces no las escribo ni durante el proceso ni en el resultado.**

– **Si hay una diversidad de unidades, entonces las escribo durante el proceso pero al resultado no le coloco unidad.**

Por ejemplo:

A los alumnos se les ha solicitado en el ejercicio 2 que calculen la energía potencial en un punto de una montaña rusa, y la energía cinética en otro punto:

Alumno 5
Ep = m g h
Ep =200 kg. 9,8m/s. 5,0
Ep = 98,00

Podemos ver varias cuestiones: no consigna correctamente la unidad de aceleración, no escribe la unidad del 5 (que es la medida de la altura expresada en metros), y finalmente no consigna la unidad del resultado (además del error que comete al ubicar la coma).

Cuando calcula el valor de la energía cinética en otro punto hace lo siguiente:

Em = Ec + Ep
Ec = Em – Ep
Ec = 24200 – 98
Ec = 24102

No consigna unidades, simplemente opera con los números. Aquí hay una **regla de acción** que tiene que ver con las acciones que aprendieron con los números:

– **Para restar siempre va como minuendo el número mayor.**

En el ejemplo del alumno 5 podemos observar varias cosas:

Otorga prioridad al **número**, dado que omite unidades pero no deja de efectuar las operaciones.

Cuando efectúa el cálculo de energía potencial, más allá del error que comete en la unidad de aceleración de la gravedad, se encuentra con un complejo con el que no sabe qué hacer:

Kg.m/s, y probablemente piense: *Si hay una diversidad de unidades, no escribo la del resultado*. En el fondo se encuentra la omnipresencia del número. De la misma manera que en el paso siguiente opta por no consignar las unidades ni en proceso ni en resultado.

Éste es el caso de un alumno que no tiene conciencia de la importancia de la unidad.

Otra cuestión es la de aquellos casos en los que el alumno emplea otras formas para representar las unidades. Presumimos que uno de los factores que puede estar influyendo es la necesidad de efectuar una caracterización propia, antes de pasar a una etapa de convenciones arbitrarias (Leal, 1999).

Por ejemplo:

La unidad de tiempo segundo, cuyo símbolo es **s** frecuentemente es simbolizado como **seg.**

La unidad de longitud metro, cuyo símbolo es **m**, a veces lo encontramos representado como **mt,** y si es plural, como **mts**. Es innegable la influencia que ejerce el entorno acerca del uso de este tipo de abreviaturas, pero también lleva a pensar que hay procesos que el alumno aun no ha desarrollado y que lo conducirían a tener diferenciados claramente la función de la magnitud y los contextos de uso. Aquí es donde se hace necesario involucrar al alumno en situaciones que le permitan contrastar sus saberes, a fin de que vaya reconociendo y replanteando con mayor grado de conciencia sus significados para poder llegar a los niveles de explicitación que se precisan para re-construir los contenidos de la Física.

V. Conclusiones

Las unidades empleadas en Física forman parte de los respectivos campos conceptuales que esta ciencia abarca. Si un alumno discrimina conceptualmente el significado de rapidez, velocidad, desplazamiento, tiempo, aceleración, etc., no tendrá inconvenientes en distinguir cuáles son las respectivas unidades. Pero hay que recordar el papel esencial de la Matemática en la construcción y reconstrucción de esquemas que constituyen una matriz para los futuros aprendizajes en otras ciencias, en este caso la Física.

Con respecto al uso correcto del símbolo y la necesidad de homogeneizar en función del orden de magnitud y del sistema en que se trabaja, quizá tenga relación con una presentación más explícita de los sistemas de medida – en tanto sistemas externos de representación – en sus dos aspectos: los elementos que los constituyen y sus reglas de uso, que definen lo que se puede y lo que no se puede hacer con los elementos (MARTÍ, 2003). También es importante recordar que entre las magnitudes y sus sistemas de medida hay diferencias en el tipo de dificultades que se presentan para su comprensión. La escala de medición de la masa es similar a la de las longitudes, pero ambas se apartan de la forma de medición del tiempo, de más está decir lo que sucede luego con las unidades derivadas. De modo que cada uno de ellos precisa atención que debería traducirse en tareas que aporten a la construcción del concepto de equivalencia, a la valorización de la precisión en el uso del lenguaje matemático, al hábito de efectuar comparaciones para determinar rangos de valores aproximados y posibles, finalmente que permitan generar esquemas de acción que abran perspectivas para resolver situaciones cada vez más complejas.

VI. Implicaciones

La enseñanza de las unidades básicas del sistema métrico legal argentino se inicia, de acuerdo con el diseño curricular para la Educación Primaria, en 1º año, con la presentación de ejemplos aislados, generalmente con representaciones pictóricas y sin la perspectiva lúdica experimental de la medición. Cuando hablamos de la formación de esquemas, debemos tener en cuenta que los procedimientos forman parte de ellos, y que si no se desarrolla este aspecto íntimamente unido a la praxis, se formará un esquema débil, poco útil para continuar desarrollándose.

Sabemos que el aprendizaje que se construye en un contexto no se "traslada" automáticamente a otro, pero sí constituye un sustento para poder construirlo en otro contexto de mayor complejidad (GARCÍA, 2000). De modo que el planteo de una diversidad de situaciones en las que el alumno pueda interactuar con la medición, siempre favorece sus futuros aprendizajes.

A las actividades de lectura, de búsqueda, de comparaciones textuales, habría que complementarlas en la escuela primaria, con otras en las que intervengan todos los componentes de la medición: objeto, aparato de medición y unidad. Más adelante, en la escuela secundaria, estas actividades experimentales deberían estar firmemente unidas a la resolución de problemas de lápiz y papel, para que el aprendizaje de las unidades derivadas surja como una necesidad de expresar una magnitud, y no como una imposición de un proceso exclusivamente teórico. Hay que tener en cuenta que algunas nociones intuitivas no son lo que aparentan. Una de ellas es la de energía, ¿cómo aproximarse a esa noción abstrayéndola de los rasgos que imprime el sentido común en su construcción? El salto cualitativo de un concepto a otro debe contemplarse desde los distintos marcos: gráfico, lingüístico, algebraico, experimental. Esta concepción es válida, por cierto, para todas las magnitudes, razón por la cual la reflexión acerca de las decisiones didácticas que deberíamos tomar los profesores involucra a todos los campos de la Física.

Hay que tener en cuenta que las proposiciones que derivan de la explicación de una medición no son simples oraciones, sino que contienen relaciones y que además no son siempre lineales. Decir que una longitud es de 2 metros y medio implica la consideración de una clase de magnitud en la que "el medio" habla de una fracción de unidad y que no es la única manera de expresarla.

Por otro lado, recordemos que entender la calidad de submúltiplo es poner en juego el todo y las partes, donde es fundamental el papel de la reversibilidad. Hay una interacción entre objetos concretos (regla, objeto a medir), propiedades no visibles (extensión, longitud) y representaciones simbólicas (sistemas de medición).

El aprendizaje requiere actividad operacional interna y cooperación externa, pero la primera se pondrá en acción en la medida que existan los esquemas que la permitan.

Una de las acciones docentes que puede ser de impacto significativo es la selección criteriosa de situaciones problemáticas y que en general puedan ser contrastadas empíricamente por los estudiantes, al menos en sus aspectos más visibles.

La apuesta a una enseñanza que contemple los esquemas-en-acción presentes en el aula conlleva todos los riesgos de un compromiso profesional, mayor esfuerzo en la selección de tareas, búsqueda de recursos y materiales para poder concretar las propuestas y el escaso tiempo disponible. Pero una enseñanza sin compromiso recibe como contrapartida un aprendizaje hueco, carente de estructuras que permitan seguir creciendo.

Bibliografía

CASTORINA, J.; PALAU, G. **Introducción a la lógica operatoria de Piaget. Alcances y significado para la Psicología Genética**. Buenos Aires: Paidós, 1982. 189p.

ESCUDERO, C.; MOREIRA, M. A. **La investigación en resolución de problemas:** una visión contemporánea. Capítulo (49p). Programa Internacional de Doutorado em ensino de Ciências (PIDEC). Texto de Apoio Nº 23 da Universidade de BURGOS/UFRGS. Actas del PIDEC, v. 6, 2004. p. 41-90. Publicación en modalidad libro.

ESCUDERO, C. **Inferencias y modelos mentales:** un estudio de resolución de problemas acerca de los primeros contenidos de Física abordados en el aula por estudiantes de nivel medio. 2005. Tesis (Doutorado) - Universidad de Burgos-Universidad Federal de Rio Grande do Sul.

FRANCHI, A. Considerações sobre a teoria dos campos conceituais. In: ALCÂNTARA MACHADO, S. D. et al. **Educação Matemática:** uma introdução. 1999. p. 155-195.

GARCÍA, R. **El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos**. España: Gedisa, 2000.

GLASER, B.; STRAUSS, A. L. **The discovery of ground theory**: strategies for qualitative research. Chicago: Aldine, 1967.

LEAL GARCÍA, A. **Construcción de sistemas simbólicos**. Barcelona: Gedisa, 1999. 271p.

MARTÍ, E. **Representar el mundo externamente. La adquisición infantil de los sistemas externos de representación**. Madrid: Morata, 2003. 309 p.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física general**. México: Oxford, 2005. 1220 p.

MOREIRA, M. A. (Org.) **La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área**. Porto Alegre: Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **Psicología del niño**. Madrid: Morata, 1977. 159 p.

PUJADAS, M.; EGUILUZ, L. **Fracciones ¿un quebradero de cabeza?** Buenos Aires: Novedades educativas, 2006. 128 p.

ROEDERER, J. **Mecánica Elemental**. Buenos Aires: Eudeba, 2002. 245 p.

VERGNAUD, G. Actividad y conocimiento operatorio. In: COLL, C. **Psicología genética y aprendizajes escolares.** Madrid: Siglo XXI, 1983. p. 91-104.

VERGNAUD. G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H.; CONFREY, J. (Eds.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of Mathematics**. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994. p. 41-59.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for Mathematics Education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n. 2, p. 167-181, 1998.

Notas:

(1) Parcialmente financiado por CICITCA (UNSJ, Argentina).

(2) Una versión preliminar de este trabajo fue presentado en el primer Encuentro Nacional sobre Enseñanza de la Matemática, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, abr. 2007.