

LA FUNCIÓN MATEMÁTICA COMO CONTENIDO IMPLÍCITO EN EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS DE LA MECÁNICA NEWTONIANA

**S. B. González; G. B. Merino; R. A. Núñez; A. L.
Plastino; M. S. Roncoroni**

Marco teórico

Las investigaciones actuales sobre modelos para la enseñanza de las ciencias se basan en concepciones constructivistas sobre el aprendizaje y en el aporte de la historia, la filosofía y la epistemología genética, dando cuenta de la vinculación entre el conocimiento individual y la construcción histórica del conocimiento científico.

Así las explicaciones causales y sucesivas que los niños dan a los conceptos de mecánica son comparables a las explicaciones dadas en épocas primitivas y que determinaron las grandes revoluciones y los nuevos paradigmas de las ciencias.

Las leyes sobre mecánica encierran una lógica contraintuitiva que requieren un cambio conceptual y procedimental de apropiación de conocimientos. Especialmente las nociones de velocidad, movimiento, aceleración, constituyen conceptos básicos que, desde la estructura conceptual de la disciplina permiten modificar la estructura conceptual de los alumnos, lo cual implica ampliar la red de conceptos y significados.

Para el logro de un cambio conceptual es necesario tener en cuenta que las nociones mencionadas están vinculadas al concepto de CAMBIO, considerando éste como estructurante, es decir, concepto que actúa como eje integrador del conocimiento escolar. Representa entonces una de las ideas esenciales que caracterizan todo campo conceptual (desplazamiento, al cambio de posición; aceleración, al cambio de velocidad).

Lo anterior conlleva a la necesidad de trabajar previamente este eje con el fin de evitar que actúe como barrera conceptual.

Los alumnos resuelven problemas que involucran el cálculo de velocidad y aceleración, basándose en fórmulas surgidas de las leyes formales. Si bien, es importante que los alumnos descubran la ventaja de contar con una herramienta matemática que les permita calcular la relación de magnitudes, la función matemática

como procedimiento, permite conceptualizar las relaciones desde la interpretación newtoniana.

Trabajar estos conceptos físicos, incorporando al aprendizaje la función matemática, además del valor instrumental brinda la posibilidad de un nivel de conceptualización lógica formal de los mismos.

Frente a las ideas expuestas surge el siguiente interrogante: ¿Cómo comenzar a trabajar estos conceptos físicos desde la lógica de los alumnos superando la barrera del formalismo matemático?

La propuesta es trabajar con las estrategias y formas de pensamiento naturales de los alumnos como lo son los razonamientos en términos de proporcionalidad, lo cual evita no sólo la falta de comprensión sino que favorece también la construcción de alternativas de desarrollo (alcance de diversidad de estrategias). Es decir, se propone aproximar el saber de los alumnos desde lo más cotidiano e inmediato a lo menos evidente y más complejo, haciendo uso de la proporcionalidad e invariancia entre las variables que intervienen en las distintas cuestiones. Esta progresión orienta el proceso de construcción del saber utilizando la lógica del conocimiento organizado.

Hipótesis de trabajo

El trabajar un contenido físico(contraintuitivo) que en sí mismo encierra una relación de variables, a través de la función matemática, facilitará la generalización del mismo en otros contextos.

Esta hipótesis se fundamenta en que para alcanzar la comprensión de conceptos como peso específico, presión, velocidad y aceleración se requiere de un concepto matemático como lo es el de proporcionalidad, lo cual necesita un tratamiento didáctico que contemple no sólo el análisis cualitativo sino también el de cálculo que es a la vez geométrico y numérico. De esta manera, lo conceptual y procedimental se integran en la construcción de nociones físicas.

Encuadre metodológico

Objetivos:

- Promover un aprendizaje significativo de conceptos vinculados a la mecánica a través de la relación matemática entre variables intervinientes.

- Desarrollar estructuras conceptuales y procedimentales para la resolución de problemáticas que impliquen relaciones directas e inversas entre variables a través de la representación gráfica de la función matemática.

- Reconocer las posibilidades de aplicación de la función matemática como procedimiento que estimula el desarrollo de estrategias de resolución y su aplicación en otros contextos.

Propuesta metodológica:

A través de la historia de las ciencias se ha atribuido especial importancia a las leyes de conservación y a los invariantes que surgen a la luz de un gran número de problemas que se busca resolver.

Estos aspectos están implícitos en los alumnos y son potencialmente útiles a la hora de dar solución a diversas cuestiones. Esto lleva a encausar la metodología de trabajo hacia el logro de un aprendizaje reflexivo que permita la construcción de nuevas relaciones, donde la noción de proporcionalidad entre las variables intervinientes actuará como intermediaria para que ellos construyan su interdependencia con mayor grado de generalización.

Propuesta de actividades:

- Aplicación de cuestionario inicial para identificar ideas que poseen los alumnos vinculadas a conceptos de mecánica.

- Presentación de problemáticas que generen incertidumbre y conflictos cognitivos, motivando a los alumnos a pensar en términos de posibilidades, a identificar variables y establecer relaciones cuantitativas.

- Emitir y explicitar hipótesis sobre factores intervinientes en las situaciones especiales, imaginando casos límites.

- Compartir grupalmente diferentes alternativas de resolución, representando gráficamente las diferentes relaciones y organizando las pautas para la aplicación formal de la función matemática.

- Verificar las hipótesis propuestas, a través del control de las diferentes variables intervinientes, mediante la representación gráfica.

- Formular matemáticamente la relación existente en las situaciones límites formuladas.
- Post Test. Cuestionario sobre los conceptos iniciales para evaluar el avance conceptual y procedimental por el aprendizaje de la función matemática.

Aspectos previos a la implementación de la propuesta:

En el marco de nuestro trabajo, la puesta a prueba de la hipótesis formulada se llevó a cabo en dos niveles diferentes con el fin de abarcar distintos contenidos que involucran la adquisición de conceptos diferentes, los cuales, ante la metodología de trabajo y los supuestos que la orientan, podrán ser superados.

Avanzar sobre estas ideas involucró la aproximación a dos conceptos CAMBIO y CONSERVACION, quienes desde la concepción constructivista del proceso de enseñanza aprendizaje, son considerados estructurantes.

Así, en el desarrollo que sigue se exponen cuestiones vinculadas a la metodología, avances y estrategias utilizadas para superar las problemáticas que alumnos entre 13 y 15 años debían resolver.

Este análisis exige de consideraciones diferentes determinadas no sólo por la naturaleza de los contenidos abordados, sino por la edad de los estudiantes, por lo cual se desarrolla en primer lugar (Nivel I) lo referido a los conceptos de peso específico y presión y a posteriori (Nivel II) lo concerniente a los conceptos de velocidad y aceleración.

Población: Se llevó a cabo con 60 alumnos de Primer año (Nivel I) y 60 alumnos de Tercer año (Nivel II) del Colegio Nacional de la Universidad Nacional de La Plata.
(promedio de edades de cada grupo = 13 años y 15 años)

Secuencia: Fue desarrollada durante 16 encuentros en un período de 4 meses, un encuentro por semana de 80 minutos de duración.

Experiencias áulicas

NIVEL I Aplicación del concepto de proporcionalidad en la construcción de conceptos físicos Peso específico y Presión

Fundamentación:

Un desafío para la enseñanza de las ciencias es el de superar el problema que la ciencia que se aprende sólo sirve para solucionar algunas cuestiones que el docente y los libros de texto nos presentan y sólo en esporádicas situaciones para explicar algo que en la escuela no se haya aprendido explícitamente.

Llevado al campo específico de la enseñanza de la Física el problema se agudiza desde dos aspectos:

- Los alumnos tienen dificultad para comprender la naturaleza y el significado físico de constantes y parámetros que intervienen en las expresiones formales de las leyes y teorías científicas.

- Los alumnos realizan una lectura acrítica de las relaciones entre magnitudes, sin comprender su significado funcional. Así, pensando que sólo se deduce de las fórmulas, afirman que el volumen de un cilindro depende directamente del cuadrado de su radio y de su altura, que la velocidad de un cuerpo es directamente proporcional al cambio de su posición, que la densidad de una sustancia es directamente proporcional a su masa e inversamente proporcional a su volumen.

Estas observaciones llevan a compartir un planteamiento (Carrascosa - Gil 1985) que sostiene que el problema a investigar no se soluciona únicamente con buscar estrategias para lograr cambios conceptuales, sino en lograr alternativas para propiciar en los alumnos un cambio metodológico que favorezca el paso de una metodología de superficialidad a la formación aproximada de una metodología científica.

Considerando que desde los doce años los jóvenes resuelven algunos problemas mediante aproximaciones sucesivas en una forma de razonamiento similar a la concepción de límite e infinito y utilizan naturalmente un pensamiento proporcional es posible a partir de ellos construir conceptos físicos como peso específico y presión.

Reconociendo además que estos conceptos se relacionan íntimamente con núcleos interdisciplinarios (CONSERVACION – CAMBIO) será necesario organizar una secuencia de actividades que teniendo en cuenta sus explicaciones y sus estrategias les permita acceder, a través de un razonamiento lógico matemático, a un razonamiento más abstracto y reconstruir el significado de los conocimientos que ya posee.

Con lo expuesto se pretende no sólo allanar el camino de construcción de nuevos conceptos y procedimientos sino también de actitudes valorativas frente al conocimiento científico, que desarrollen la capacidad reflexiva y crítica, así como también la toma de

confianza en sí mismo y en el grupo de trabajo favoreciéndose de esta manera el pensamiento divergente evitando reemplazar las estrategias naturales por las fórmulas universales o por la explicación mecanizada de razonamientos ya hechos.

Etapa diagnóstica:

A través de ejercicios de rastreo, que consistieron en la descripción cualitativa de algunos fenómenos cotidianos, se pudo comprobar confusiones y errores conceptuales en el tratamiento y comprensión de magnitudes como velocidad, peso, etc. (la velocidad de un auto es la fuerza que lo hace mover, en el mar, la madera flota siempre que no sea muy pesada, etc.).

En relación a esto se incluyeron en la evaluación diagnóstica contenidos (posición, tiempo velocidad) que tuvieran significación desde su conocimiento cotidiano. Estos contenidos implican mecanismos lógicos de construcción que como dice la hipótesis planteada implican una relación funcional de variables.

Los resultados obtenidos mostraron que si bien el 80 % pudo identificar y relacionar algunas de las variables involucradas (sentido y cambio de posición, distancia y velocidad de los móviles, velocidad y tiempo de alcance, etc.), sólo el 2 % pudo comparar gráficos donde se marca la interdependencia entre variables (intervalos de crecimiento y pendientes de las rectas).

En cuanto a los caminos de resolución empleados, se detectó la mecanización de algunos procedimientos (regla de tres) que indican el bajo nivel en el aprendizaje del razonamiento proporcional que actuó como barrera en la aplicación de los conceptos físicos involucrados.

Tratamiento didáctico:

El tratamiento del concepto organizador elegido, Magnitudes, permite partir de conceptos conocidos por los alumnos (masa, peso, volumen, etcétera) desde una significación particular para ellos. La confusión de estas magnitudes, plantea en los alumnos dificultades en relación con núcleos fuertes del conocimiento, como lo es la comprensión de invariantes: la conservación (cambiar la forma de un cuerpo implica un cambio en su peso, el tamaño de un objeto está directamente relacionado con su peso, etcétera). Unido a esto y desde lo procedimental, el manejo de la noción de proporcionalidad, como concepto operador entre magnitudes, facilita la reestructuración de ideas y permite el

avance hacia la construcción de nuevos conceptos (peso específico, densidad, presión, etcétera) que surgen de establecer una relación proporcional entre aquellos.

Secuencia de actividades:

Para la elaboración y la secuencia de actividades se tomó como objetivo promover el desarrollo de estrategias de resolución ante planteos de proporcionalidad que les permita el cambio conceptual.

Se partió de una problemática sin datos numéricos: Graduación de una botella para medir distintas cantidades de líquidos. Construcción de gráficos.

Las primeras respuestas:

“Con un vaso más chiquito podemos hacer más subdivisiones. (46 %)”

Con el mismo vaso y poniendo menos agua hacemos las subdivisiones que queremos. (54 %)

Esto refleja, a igual que otros tantos ejemplos, el adiestramiento en la resolución de ejercicios (seudo problemas) consistentes en la aplicación de rutinas sobreaprendidas y automatizadas donde un sólo procedimiento es el correcto y por consiguiente se concreta la imposibilidad de trasladarlas o generalizarlas a situaciones nuevas. Desde el aspecto conceptual, se observa que sólo el 54 % puede transferir el concepto de unidad de medida a una nueva situación.

La modalidad de trabajo seleccionada por el docente se centró en las propuestas experimentales presentada por los alumnos, jerarquizando las propias hipótesis. El conflicto cognitivo, la duda y la confrontación de caminos de resolución, permitió avanzar hacia hipótesis más cercanas al concepto de proporcionalidad. Los alumnos utilizaron como material de trabajo botellas regulares e irregulares, vasos de distinta capacidad, reglas, etc.

Las hipótesis más comunes:

“Para la graduación paramos una regla al lado de la botella y para las subdivisiones ponemos distintas cantidades de agua en el vaso”. (60 %)

“Graduamos la botella pegando un papel y con vasos cada vez más chiquitos hacemos las subdivisiones y luego estiramos el papel y medimos con una regla”.(40 %)

Ante la confrontación de hipótesis surgen dudas y la necesidad de realizar la experiencia para analizar la relación entre variables y determinar cual de ellas es la variable dependiente y cual la independiente.

Durante la tarea, el intercambio de opiniones referente a la selección y uso de materiales distintos, favorece el avance sobre la importancia de mantener la unidad de medida y la determinación de la dependencia o no de las variables involucradas; lográndose al final de la misma, la reformulación de la segunda hipótesis.

Con los resultados obtenidos de la experiencia se arman tablas y aparecen los siguientes gráficos:

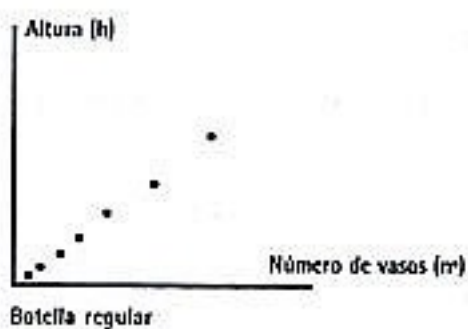


FIGURA 1A

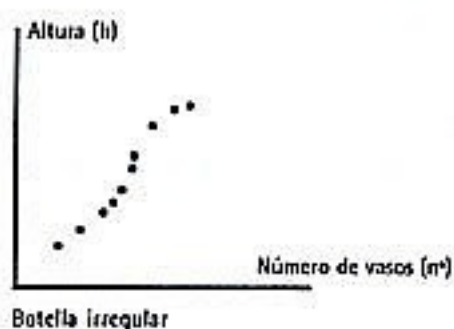


FIGURA 1B

El análisis de los gráficos permite trabajar que representa cada punto indicado, la posibilidad de agregar más puntos y la unión entre ellos. Con este análisis se logra afianzar el uso de submúltiplos que reestructura el concepto de continuidad y se produce una aproximación al concepto de infinitesimal al hallar el máximo y el mínimo de la función.

Lo anterior conduce a una modificación en la representación gráfica:

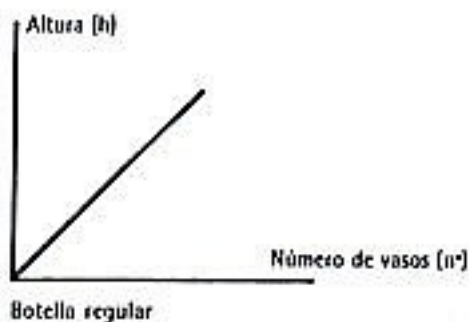


FIGURA 2A

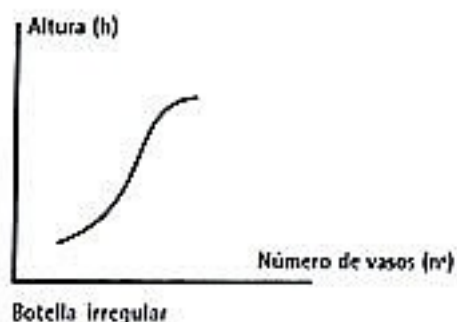


FIGURA 2B

y surgen frente a ellas los siguientes planteos:

“La regular da una línea pareja, es una recta y la otra da despareja, es una curva”. (Nicolás)

“Lo parejo y desparejo, se nota también en las tablas, si comparás como crecen los números”.(Ana)

“Son problemas de regla de tres directa e inversa”. (María Julia)

“La recta es una regla de tres directa: + . + = + y la otra es inversa: + . - = -”. (María)

“No estoy seguro de la inversa, porque no habla de obreros”. (Agustín)

Los planteos muestran que los alumnos logran transferir lo trabajado a otras situaciones de aprendizaje. Sin embargo, lo escolarmente mecanizado emerge nuevamente obstaculizando el avance hacia la construcción del concepto de proporcionalidad, por lo cual es necesario volver a las tablas y trabajar en cada una la relación entre cantidades y la comparación entre ellas.

Nicolás:

$$3,3 : 1 = 3,3$$

$$6,6 : 2 = 3,3$$

$$9,9 : 3 = 3,3$$

.....

“Dividiendo la altura por el número de vasos te da siempre el mismo número. Es una relación directamente proporcional”.

Patricia:

$$2 : 1 = 2$$

$$2,9 : 2 = 1,45$$

$$3,6 : 3 = 1,2$$

.....

“La división te da siempre diferente. Es una relación no proporcional”.

El cálculo y el análisis de razones entre cantidades, significativas para el alumno, produce el replanteo de ideas, un ida y vuelta sobre lo trabajado. Esto promueve un nuevo avance, el pensar que en todo razonamiento proporcional, se puede establecer un vínculo entre el cálculo numérico y el geométrico, que a su vez representa lo que sucede experimentalmente.

De esta manera, se llega a construir el concepto de relación proporcional y no proporcional, descartándose para esta situación el caso de relación inversamente proporcional.

Con este tipo de actividades, los alumnos pueden aplicar en forma gráfica y numérica el concepto de proporcionalidad llegando a determinar la constante de proporcionalidad y valorizan la importancia de su conocimiento en la resolución de problemáticas que involucre la relación proporcional de variables.

Aplicación:

Problemática experimental: “Determinar la relación entre el peso y el volumen de un cuerpo”

Elementos: una barra de plastilina, balanzas, pesas, regla calculadora y trincheta.

Se trabaja con la barra entera y luego con trozos distintos de la misma.

Planilla de registro:

| muestra | peso (gr) | volumen (cm ³) | peso: volumen (gr/cm ³) |
|---------|-----------|----------------------------|-------------------------------------|
| entera | | | |
| grande | | | |
| mediana | | | |
| chica | | | |

El corte en trozos de la muestra despertó dudas con respecto a la relación entre el peso y el volumen, mostrando como todavía algunos alumnos no internalizaron el concepto de conservación y sigue actuando como barrera.

Ante esto se presentan problemáticas que ponen en discusión sus ideas y encauzan la reestructuración:

a) “Dos cuerpos de igual material, uno pesa el doble que el otro, ¿tienen igual volumen?”.

Respuestas:

“No, el que pesa más es el más grande”. (30 %)

“No, el que pesa el doble tiene doble su volumen, esto es para guardar una relación proporcional”. (70 %)

b) “Dos cuerpos de distinto material, uno pesa el doble que el otro, ¿tienen igual volumen?”.

Respuestas:

Puede ser, el hierro es más pesado que la plastilina. (80 %)

Está el ejemplo de las plumas y el plomo, 1 kg de plumas y 1 kg de plomo pesan lo mismo pero tienen distinto volumen. (20 %)

Se discuten las respuestas analizando todas las posibilidades (material distinto, peso igual y volumen distinto; material distinto, peso distinto y volumen distinto; material igual, peso doble y volumen doble; etc.) llegando a establecer la relación de proporcionalidad válida si se habla del mismo material.

Se afianza el concepto realizando la construcción de gráficos que verifican la proporcionalidad; se construye el concepto de peso específico, desde la propia estructura de significación del alumno y en relación con la constante de proporcionalidad.

Evaluación: Resolución de problemas:

Se resuelven problemáticas similares incluyendo datos numéricos.

El avance en la resolución está demostrado cuantitativamente: el 90 % trabaja estableciendo relaciones de proporcionalidad directa e inversa, sin la necesidad de

circunscribirse al uso automático de la fórmula; el 6 % resuelve bien utilizando la fórmula, y el 4 % intenta sólo memorizar la información.

El proceso continúa aplicando el concepto de peso específico a nuevas situaciones que involucran la determinación experimental y numérica del peso específico de cuerpos irregulares y de líquidos.

Observación final:

En la construcción de un nuevo concepto (Presión en fluidos) los alumnos autónomamente utilizan la noción de proporcionalidad.

El 95 % de los alumnos, interpreta el concepto de presión en fluidos, en sus implicancias con la proporcionalidad.

Esto comprueba la hipótesis inicial: *“El trabajar un concepto físico (contraintuitivo) que en sí mismo encierra una relación de variables, a través de la función matemática, facilitará la generalización del mismo en otros contextos”.*

NIVEL II Aplicación del concepto de proporcionalidad en la construcción de los conceptos físicos de velocidad y aceleración.

Fundamentación

Una de las características de la enseñanza de la mecánica en la escuela es proveer a los alumnos recetas basadas en formalismos matemáticos, con los cuales el problema se soluciona simplemente aplicando paso a paso procesos matemáticos que permiten exitosamente llegar al resultado final. Así, arribar a él no requiere de ninguna creatividad, ni elaboración de estrategias, ni siquiera de su comprensión, sólo basta obtener los datos del problema y sustituirlos en la ecuación que crea conveniente, aunque muchas veces su significado no sea claro.

Se pierde así la posibilidad de reflexión, imaginación y creatividad de los alumnos, abandonando el sentimiento de satisfacción al llegar a una solución novedosa, reemplazándola por la desconfianza e inseguridad en sí mismos.

Estas cuestiones llevan a que los alumnos, luego de la enseñanza, confundan la aplicación de ciertos términos al no poder transferir lo que saben a situaciones más abstractas.

Tal es así que diferenciando y comprendiendo los términos de velocidad y posición o trayectoria y desplazamiento en un movimiento real, surgen dificultades para resolver situaciones que implican en la resolución razonar la interdependencia entre un concepto y otro.

Es sabido que el tratamiento de ciertas ideas, como lo son las vinculadas a la cinemática, deberían ser abordadas como una cuestión de la matemática aplicada, más que de física, ya que el estudio de gráficos de funciones, dependencia de variables, análisis de funciones y sistemas de ecuaciones se enriquecen al abordarlos sobre situaciones concretas. Sin embargo, existen razones por las cuales su estudio, desde las ciencias naturales, permite la reflexión para alcanzar la construcción de conceptos y así dar solución a ciertos problemas.

Las razones mencionadas surgen al querer dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿ Qué dificultades obstaculizan la construcción de los conceptos de velocidad, desplazamiento o aceleración?

- ¿ Pueden los problemas de alcance o rebasamiento develar las competencias individuales de nuestros alumnos?.

Abstracciones necesarias para la construcción de conceptos físicos.

La resolución de ciertas problemáticas supone entender la relación entre las variables vinculadas, la cual en muchos casos no es lograda, ya que para la toma de conciencia de la misma no son suficientes las abstracciones empíricas (a partir de los objetos), sino que se requiere de la evolución, según Piaget, de la abstracción reflexiva (procedentes de las acciones y operaciones del sujeto). Esta última es la que conduce a la puesta en correspondencia y asociación de algunos contenidos con otros nuevos, elaborando estructuras superadoras de las anteriores.

En nuestro caso y referente a la noción de velocidad, la consideración de intervalos temporales o espaciales, requiere de relaciones que vinculen entre sí las posiciones e instantes iniciales y finales en todos los estados sucesivos y continuos. La explicitación de estas relaciones (abandonando la forma implícita existente) y su posterior composición es lo que aproximará a la noción de velocidad.

Este proceso es el resultado de sucesivas abstracciones reflexivas de los alumnos, las cuales los conducen a la relación entre velocidad, desplazamiento e intervalos temporales.

Desde el aspecto matemático, la relación de variables o magnitudes directamente proporcionales, no siempre es asumida desde un modelo matemático, ya que ante problemáticas en las cuales aparecen variables a las cuales frecuentemente identifican, los alumnos no siempre reconocen el papel que ellas juegan en la relación de proporcionalidad, lo que impide que a partir de la situación planteada, puedan vincularlas correctamente haciendo uso de un lenguaje de mayor abstracción y generalización.

Además se puede atribuir a la falta de herramientas matemáticas necesarias, las dificultades para interpretar la linealidad de las gráficas, de las cuales surge la existencia de proporcionalidad directa e invariancia de magnitudes, como puede ocurrir con la velocidad o aceleración en algunos problemas.

Por otro lado son las sucesivas abstracciones reflexivas las que favorecerán la superación de ciertas dificultades que se presentan a los alumnos a la hora de referirse a velocidades instantáneas. La idea de intervalo de tiempo infinitamente pequeño no es sencilla, lo que provoca que ante la pregunta acerca del valor de la velocidad desarrollada en un instante, ellos otorguen al mismo el correspondiente a cero.

La consideración de los estados sucesivos y continuos para el movimiento aproxima a los alumnos a la idea de velocidad instantánea para lo cual se reconoce la importancia que cobra algunas cuestiones del análisis matemático, como lo es la de límite de funciones.

Etapa diagnóstica

En esta etapa, se pudo determinar que los alumnos son capaces de hacer una lectura correcta de gráficos donde se vinculaban variables de uso cotidiano.

Logran diferenciar los conceptos de velocidad y posición en situaciones reales y concretas, pero no pueden hacerlo cuando las situaciones se formulan en términos de gráficos funcionales.

Así, cuando en un grupo de sesenta alumnos, se midió reconocimiento de variables, diferenciación de posición y velocidad, un 95 % mostró no confundir variables.

Un 80% realizó correctamente la lectura de gráficos que relacionaban variables fuera de contexto, obteniendo adecuadamente la rapidez de crecimiento de una población.

Cuando en una segunda evaluación se combinan ambos ítems en un gráfico de posición-tiempo correspondiente a movimientos con velocidad constante en distintos períodos, e indagando sobre cual era a su parecer, el instante o período de tiempo en el cual la velocidad era mayor, el porcentaje de respuestas correctas disminuye a un 45%.

La dificultad observada consistió en la indiferenciación que surgía entre las nociones de velocidad y posición.

La necesidad de considerar intervalos espaciales y temporales no permite dar respuesta acertada a los alumnos.

Ante la situación representada, algunas de las respuestas mas frecuentes fueron :

- A las 2 hs, debe haber ido a 60 km/h .

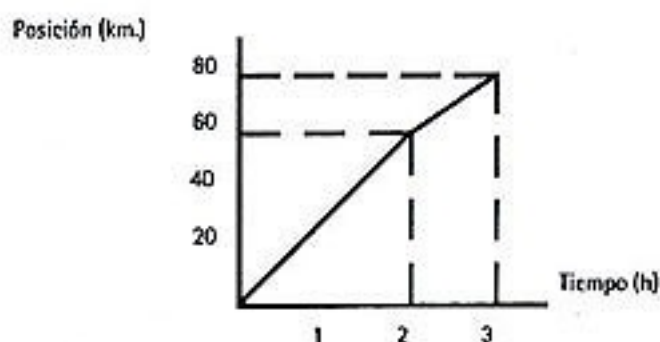


FIGURA 3

- Su velocidad fue mayor a las 3 hs, porque en ese momento alcanzó los 80 Km.
- Al comenzar estaba detenido y fue aumentando su velocidad.

Investigando y analizando el contenido de las ideas que orientan los mecanismos de resolución, encontramos que la velocidad es relacionada con la posición y no con los cambios de posición, la consideración de intervalos no ha superado la abstracción reflexiva, dando como respuesta las posiciones ocupadas por el móvil en determinados instantes.

Un 22% puede responder correctamente, vinculando a la velocidad con los intervalos espaciales y temporales.

La linealidad y continuidad de la gráfica no es asociada a la continuidad del movimiento en el cual la velocidad permanece constante, llegando a entender que la velocidad en cada período es un promedio de todas las posibles velocidades que pudo haber desarrollado en él.

Sólo un 10% muestra interpretar correctamente esta característica.

Tratamiento didáctico

Para la comprensión de determinadas relaciones, los alumnos indagan espontáneamente las regularidades e invariancias que en ellos aparecen pero no pueden superar la cuantificación repetitiva en una secuencia de valores para arribar a la abstracción necesaria de la proporcionalidad.

Además, con respecto a las variables que relacionan, por ejemplo aquellas vinculadas a la velocidad, los alumnos se refieren a las correspondencias finales no entendiéndolas como una consecuencia de los cambios que se producen en cada intervalo. Abordar estas ideas desde problemáticas de rebasamiento, puede dar solución al problema.

Para ello, se explicitan las consideraciones que los alumnos hacen en torno a problemáticas de esta naturaleza, a partir de las cuales se tienen en cuenta las relaciones referidas a intervalos espaciales y temporales. Se debe destacar aquí que si bien los puntos de alcance pueden ser obtenidos por abstracción empírica, la consideración de intervalo requiere encaminarse hacia una abstracción reflexiva.

Estos aspectos deben ser superados para su comprensión en la relación de variables, donde la noción de proporcionalidad actuará como intermediaria para que ellos construyan la interdependencia de variables con mayor grado de generalización.

El posterior análisis funcional entre dichas variables y la construcción de gráficos por parte de los alumnos, permite formalizar las leyes que suelen ser enunciadas por el docente sin ninguna significación para los estudiantes.

Estrategias de resolución:

Con la intención de indagar acerca de los avances logrados por los alumnos en el uso de estrategias alternativas de resolución, luego de haber trabajado el concepto de velocidad, se detectaron variaciones en los porcentajes iniciales y la aparición de una nueva categoría con un nivel superior de abstracción.

Por ejemplo, sin que esto resulte una cuestión anecdótica, cuando se les plantea un problema en el cual se pide a los alumnos determinar el tiempo que emplean en encontrarse dos móviles viajando a 20 km/h y 30 km/h respectivamente, uno hacia el otro, desde localidades separadas por 100 Km de distancia, algunos alumnos resuelven el problema suponiendo que ello era equivalente a pensar en un solo automóvil, al cual lo

consideran moviéndose con una velocidad de 50 km/h. a lo largo de todo el trayecto y estableciendo bajo estas condiciones la relación de proporcionalidad.

En este caso, en el cual consideran la velocidad relativa de un móvil con respecto del otro, sin haberlo trabajado anteriormente, pone de manifiesto no solo la enorme posibilidad que el manejo de la relación de variables les otorga, sino la riqueza de la estrategia utilizada.

También existió en este grupo otros caminos de resolución gráfica en donde, utilizando la idea de velocidad constante, se pudo determinar la solución del problema.

Evaluación: Avances en la construcción de nuevos conceptos.

En el trabajo posterior, a modo de evaluación, se seleccionaron gráficas en las cuales se relacionaban las variables velocidad – tiempo correspondientes a movimientos rectilíneos uniformemente variados (no trabajados antes).

Ante la discusión encaminada a determinar las características del movimiento, algunos alumnos hacen alusión a la proporcionalidad entre las variables, lo que hace que el movimiento resulte uniforme.

Esta proporcionalidad que pone en evidencia la rapidez de cambio de velocidad, resultó enriquecedora para caracterizar una nueva magnitud física: la aceleración.

La naturalidad con que dicho contenido fue construido por los propios alumnos poniendo en evidencia la superación de la idea de cambio y transfiriéndola hacia otras cuestiones, nos remite a la hipótesis planteada al comienzo de nuestro trabajo.

Estos pensamientos de los alumnos en términos de proporcionalidad no deben perderse, ni desaprovecharse durante la instrucción, ya que contribuyen a la conceptualización en torno a cuestiones sencillas para nuestros alumnos, quienes descubren nuevas alternativas de resolución, permitiéndoles reconocer la existencia de diversidad de caminos para arribar a la meta deseada, recuperando el sentimiento de confianza en sus posibilidades de razonamiento.

La detección de estas formas de pensamiento conforma un campo inmensamente rico para la investigación en el aula.

Porcentajes obtenidos al comenzar y finalizar la experiencia

A- Representan los trayectos espaciales estableciendo relaciones de orden temporal y espacial considerando correspondencias finales.

| INICIAL | FINAL |
|---------|-------|
| 68% | 60% |

B- Extraen por abstracción reflexiva relaciones entendidas como cambios que se producen en intervalos continuos y sucesivos.

| INICIAL | FINAL |
|---------|-------|
| 5% | 29% |

C- Establecen la relación de variables utilizando una nueva relación que les permite compensar las velocidades de los móviles y generalizar a partir de ella.

| INICIAL | FINAL |
|---------|-------|
| 3% | 10% |

Observación final

Cabe destacar que a través de la implementación de esta propuesta didáctica se logró integrar los contenidos conceptuales y procedimentales superando la concepción de considerar a los procedimientos solo como mediatizadores para facilitar la apropiación de contenidos conceptuales. Lo anterior se fundamenta en la adquisición de los razonamientos en términos de proporcionalidad (contenido procedimental) mediante procesos de construcción gradual (constructo cognitivo) permite estimular el desarrollo de estrategias de actuación para abordar diversas situaciones que involucren conceptos físicos (contenidos conceptuales) a construir o modificar.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVERENGA ALVAREZ B. (1983) *Física General*. Ed. Harla. México, 3ra Edición,
- BAIG A. Y AGUSTENCH M.(1990) *La Revolución Científica*. Ed. Alhambra s.a.. Madrid.
- COLL, C. *Aprendizaje Escolar y Construcción del Conocimiento*. (1971) Ed. Paidós. México.
- COLL, C.(1989) *Psicología y Currículum*. Ed. Paidós. México.
- CROMER A.(1984) *Física Para las Ciencias de la Vida*. Ed. Reverté. Barcelona, 2da Ed..
- DRIVER R. Y OTROS. (1975) *Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia*. Ed. Morata. España.
- DRIVER R. *Psicología Cognositiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos en la Enseñanza de las Ciencias*. (1986) Rev. De Enseñanza de las Ciencias. Vol 4.
- DRIVER y otros.(1988) *Un Enfoque Constructivista para el Desarrollo del Currículum de Ciencias*. Rev. de Enseñanza de las Ciencias. Vol 6.
- GIORDAN A. y otros (1988) *Los Orígenes del Saber*. Ed. Diada.
- GIORDANO M. y otros.(1991) *Enseñar y Aprender Ciencias Naturales*. Ed. Troquel. Bs. As.
- GONZÁLEZ CUBERES M.(1987) *El Taller de los Talleres*. Ed. Estrada. Bs. As.
- MC KELVEY J. y Groth H.(1983) *Física para Ciencias e Ingeniería*. Ed. Harla. Barcelona.
- MORENO J. y otros.(1988) *La Ciencia de los Alumnos*. Ed. Jaia, Barcelona.
- MORENO J. y otros.(1987) *Aprendizaje de las Ciencias y Pensamiento*. Ed. Gedisa. Barcelona.
- MORENO M. y otros.(1988) *Descubrimiento y construcción de conocimientos*. Ed. Gedisa. Barcelona.
- OSBORNE G.(1990) *El Aprendizaje de las Ciencias*. Ed. Narcea. Madrid.
- PIAGET J. y otro. *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. Siglo XXI editores.
- PORLAN, R. y otros (1988), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. de. Diada. Sevilla.
- POZZO, I. (1989) *Aprendizaje de las ciencias y Pensamiento Causal*. de. Visor. Madrid.
- Revista, Investigación en la Escuela. Diada Editora. Sevilla. España. Rev. N° 23. Año 1995.