

Contenidos informativos que Piaget asigna a los vocablos movimiento, espacio, velocidad y tiempo, al investigar la evolución mental del niño

EUGENIO FERNÁNDEZ
Universidad de Granada

ENRIQUE JIMÉNEZ E ISABEL SOLANO
Universidad de Murcia

Resumen

Se constata que los contenidos que Piaget (1970) asigna a los vocablos movimiento, espacio, tiempo y velocidad, y a sus relaciones, cuando investiga la evolución mental del niño, coinciden con los de los contextos y modelos físicos actuales. Se muestra, que dichos contenidos, aunque están coordinados por ser productos de la evolución de la Cultura Occidental, no se corresponden con la estructuración cognitiva entroncada con los logros históricos. La coordinación de tales contextos y modelos se basa en la metodología y técnicas operativas que impone la habituación de la enseñanza, pero ocultan el progreso de estructuración de la información natural.

Palabras clave:

Contenidos informativos, movimiento, espacio, tiempo, velocidad, Piaget, evolución mental.

Résumé

On constate que les contenus que Piaget (1970) assigne aux mots mouvement, espace, temps et vitesse, et à leurs relations, lorsqu'il fait des recherches sur l'évolution mentale de l'enfant, coïncident avec ceux des contextes et des modèles physiques actuels. On montre, que ces contenus, bien qu'ils soient coordonnés étant des produits de l'évolution de la Culture Occidentale, ne se correspondent pas avec la structuration cognitive rattachée aux réalisations historiques. La coordination de ces contextes et modèles se base sur la méthodologie et les techniques opérationnelles qu'impose la accoutumance de l'enseignement, mais dissimulent le progrès de structuration de l'information naturelle.

Mots clés :

Contenus informatifs, mouvement, espace, temps, vitesse, Piaget, évolution mentale.

Abstract:

It is claimed that the contents which Piaget (1970) assigns to the words, movement, space, time and speed, and to their relations, when investigating the child's mental evolution coincide with those of present-day physical contexts and models. We show that these contents, although coordinated since they are the product of Western Culture, do not correspond with the cognitive structuring related with historical achievements. The co-

ordination of these contexts and models is based on the methodology and operative techniques that are imposed by the education but which hide the natural progress of structuring information.

Keywords:

Informative contents, movement, space, time, speed, Piaget, mental evolution.

I.- Introducción

Muchas palabras que en la actualidad son de uso vulgar, frecuente y que se hacen equivalentes, como velocidad, posición, espacio, distancia, desplazamiento, tiempo, duración, etc. también se usan para identificar a las magnitudes cinemáticas. La mayoría de los docentes e investigadores, estiman que es unívoco el contenido informativo asignado a cada una de dichas palabras en los diversos contextos científicos. Por el contrario, opinan que su uso vulgar y común asigna a cada una de ellas contenidos informativos distintos, sesgados y confusos. Esto se debe a que la mayoría de ellos sólo son especialistas, que adquieren tal carácter cuando aprenden a clasificar determinados conjuntos de circunstancias y se habitúan a utilizar el mismo modelo de estructura conceptual para obtener la información en cada una de dichas clases. Basta considerar los diversos calificativos que se agregan a cada una de ellas para dudar de su carácter unívoco (por ejemplo, a velocidad se le agregan los calificativos de vectorial, lineal, areolar, angular, media, instantánea, de reacción, etc.). Los no especialistas siempre utilizan un mismo y único modelo para obtener información, cualesquiera que sea la clase del conjunto de circunstancias que se interpreta, pero la mejor y mayor información que obtiene el especialista con el uso de sus diversos modelos, no garantiza que sea toda la información que haya ni que la obtenida tenga la estructuración correcta.

La mayoría de los profesores piensan que la determinación numérica de los valores de una magnitud sólo puede comprenderse, relacionarse y aplicarse, si el contenido informativo que se posee de dicha magnitud está completamente delimitado o es unívoco. Si algunas clases de información de la magnitud (por ejemplo, para velocidad, sus clases de información serían el movimiento, los estados de traslación, lo espacial, etc.) no están completamente delimitadas, pero se comprende, relaciona y aplica su determinación numérica, será porque tales clases de información no son fundamentales para su conceptualización. De acuerdo con lo anterior, como

los alumnos aprenden con facilidad las relaciones matemáticas que rigen la Cinemática y suelen aplicarlas eficazmente en la solución de problemas numéricos, habría que pensar que poseen contenidos informativos unívocos para las magnitudes velocidad y aceleración. Sin embargo, lo que acontece es bien distinto en todos los niveles educativos (Trowbridge y McDermott, 1980, cit. por Perry y Obenauf, 1987).

Se han publicado, en libros de texto y en revistas de investigación (García, Pro y Saura, 1995; Hierrezuelo y Montero, 1991), diferentes propuestas de enseñanza del concepto de velocidad. En tales propuestas, la secuencia de enseñanza se basa en los conocimientos iniciales que poseen los alumnos, pero ni la delimitación que dan de las ideas previas ni los contenidos que establecen en la secuencia de enseñanza son suficientes para establecer la bondad de las mismas.

Muchas son las cuestiones que se han planteado sobre la enseñanza de la velocidad: ¿por qué resulta a los alumnos tan difícil sustituir su concepto de velocidad por el que propugnan los contextos educativos? ¿radica dicha dificultad en un antagonismo o contradicción de información? ¿se origina por los supuestos pedagógicos con los que se establecen los contextos educativos? ¿radica en una incompatibilidad del desarrollo mental del alumno con la coherencia lógica de los contextos educativos? ...

Es innegable que los resultados educativos distan mucho de lo esperado, como lo demuestran los numerosos trabajos y autores que lo han tratado (Poduska y Phillips, 1986; Levin, Siegler y Druyan 1990; Cross y Pitekethly, 1991; Walsh, Dall'Alba, Borden, Martin, Marton, Masters, Ramsden y Stephanou, 1993; entre otros), así como que este problema es común a todos los demás conceptos de la física. Pero la existencia y observación de tal problema, no debe confundirse con su delimitación ni con la determinación de su contenido intrínseco. La solución de tal problema, como la de cualquier otro, está supeditada a que se establezcan sus variables y a que éstas se delimiten con el rigor suficiente para que sea posible su determinación.

Para establecer lo conseguido en la solución de este problema de la enseñanza del concepto de velocidad se realizó un rastreo de lo publicado respecto del mismo.

II.- La importancia actual de la palabra “velocidad”

Muy numerosos son los trabajos que tratan del concepto de velocidad (Piaget, 1970; Weinreb y Brainerd, 1975; Siegler y Richards, 1979; Halloun y Hestenes, 1985; Levin y otros, 1990; García y otros, 1995; Fernández, Solano y Jiménez, 2000; Fernández, Jiménez y Solano, 2001, 2002, 2004; entre otros). Estos trabajos confirman la importancia que tiene la velocidad en la actualidad, como muestran los contextos de muchas disciplinas, sean éstas científicas o artísticas. Los aspectos tan diversos, que sobre dicho vocablo se han imaginado y tratado, ponen de manifiesto, una vez más, el parco conocimiento que la propia mente tiene de sí misma y de su actividad, el pensamiento.

La importancia actual del concepto de velocidad surgió con la aceptación del contexto de la Relatividad de Einstein. En dicho contexto, la velocidad, que había sido una magnitud derivada en todos los contextos científicos anteriores, adquiere el carácter de magnitud fundamental. Esto implica que su contenido informativo ha dejado de depender de otros contenidos informativos y ha pasado a ser básico, que tal contenido informativo ha dejado de suceder a otros y antecede al de toda cualquier otra magnitud y que, como fundamental, tal contenido informativo está incluido en toda otra magnitud derivada.

La problemática anterior pronto se manifestó en los contextos de todas las disciplinas, desde la física a la filosofía y desde la tecnología a la teología. Sin embargo, fue Piaget (1970) el primero en tratar de investigar los contenidos que asignaban los niños a las palabras movimiento y velocidad. Esta investigación surgió a partir de una pregunta que Einstein hizo a Piaget en 1928 (Piaget, 1978). Es interesante señalar que Einstein opinaba, de acuerdo con los principios de su teoría de la relatividad, que los niños debían adquirir el concepto de velocidad antes que los de distancia y duración, y así se lo que planteó al eminente psicólogo; pero éste, después de 20 años modificó el simplista planteamiento del físico. Para dar la razón a este último y a su triunfante teoría de la relatividad, Piaget utilizó su contexto sobre el desarrollo mental del niño, al margen de la serie de contenidos conceptuales que preceden al concepto de velocidad como una función de la distancia y la duración, y por supuesto de todos los que le suceden. Admite que los niños poseen conceptos, que pueden relacionarse con la velocidad mucho antes de que sean capaces de medir distancias y duraciones. Esto no es decir

mucho, pues la relación que se establece no toma en consideración que los niños también poseen conceptos en sus primeras etapas mentales, que pueden relacionarse con la distancia y la duración, mucho antes de que sean capaces de hacer determinaciones numéricas sobre cualquier conceptualización de la velocidad. Sin embargo, la conclusión de Piaget ha sido asumida por casi todos los que han escrito sobre ello, aunque todos ellos la matizan, por ejemplo Lovell, Kellett y Moorhouse (1962, cit. por Lovell, 1977, p. 111) sustituyen los conceptos previos relacionados con la velocidad por las manifestaciones de ésta más intuitivas y primitivas.

Desde que Piaget respondió a la pregunta de Einstein, el problema ha sido tratado ampliamente, pero siempre bajo los supuestos y condiciones con los que Piaget estableció su trabajo, por lo que se impone una indagación sobre los contenidos informativos que éste utilizó.

III.- Los objetivos de Piaget

El plan de investigación, que aparece en los textos de Piaget, en relación al concepto de velocidad, se puede resumir en los siguientes objetivos:

- a) establecer las etapas de la evolución mental hasta que se alcanza la comprensión de la velocidad como una relación entre distancia y duración (espacio y tiempo);
- b) establecer el orden de generación de los conceptos distancia, duración y velocidad;
- c) establecer el nivel de las operaciones mentales que permite alcanzar la comprensión de la velocidad como una relación entre distancia y duración.

IV.- Análisis de los objetivos

La primera dificultad que aparece para poder evaluar el anterior conjunto de objetivos es la carencia de una mínima delimitación explícita de los vocablos sobre los que se centran las experiencias. En el último milenio, la historia muestra que los contenidos informativos asignados al vocablo velocidad han evolucionado, desde el inicial que dió origen a la sustantivación del adjetivo veloz, hasta los diversos actuales que poseen como carácter común su referencia a la duración.

En el “Diccionario de Términos Científicos y Técnicos” (Ferraté, 1981) entre la frase “velocidad absoluta” y la “velocidad volúmica de flujo” hay más de 150 frases, como “velocidad de reacción”, “velocidad de bits”, “velocidad de desgaste”, “velocidad de fricción”, etc. pero cuyos contenidos informativos son diferentes. Otro tanto ocurre en el “Vocabulario Científico y Técnico” de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1996), pues entre el vocablo velocidad y la frase “velocidad de volumen máxima” (pico de la velocidad de volumen) hay más de 60 frases que califican al vocablo velocidad, por ejemplo, “velocidad de Alfvén”, “velocidad de dilución”, “velocidad de rozamiento”, “velocidad transónica”, etc. La conservación del vocablo velocidad en las frases anteriores, a pesar de sus diferentes contenidos, se debe al uso de un mismo y único referente, la duración. Esta abundancia de contenidos informativos referidos a la duración, no se debe a que la conceptualización de la duración haya evolucionado como para que se constituya en tal referente clave, sino a la facilidad con la que los avances tecnológicos permiten medir duraciones.

Una segunda dificultad surge al considerar cuáles son los contenidos informativos de los distintos vocablos, que se deben asociar a las distintas etapas de la evolución mental. No cabe duda alguna que los animales superiores efectúan evaluaciones globales en las que predomina la información de la velocidad, tanto por parte del depredador como por parte del perseguido; pero ello no constituye ente alguno relacionado con la velocidad, ya sea noción (intuición), idea o concepto. Aunque se excluyan los conjuntos de información que preceden a las primeras nociones de velocidad, la diversidad de éstas y de las ideas, que preceden al primer concepto de velocidad, pueden ser tan numerosas como las frases a las que se hace referencia en el párrafo anterior.

Una tercera dificultad similar a la anterior surge al tratar de establecer su orden de generación, pues al no ser explícitos los respectivos contenidos informativos que corresponden a dichos vocablos, no es posible contrastar si la información obtenida corresponde al predominio de nociones, de ideas o de conceptos de los distintos niveles estructurales o a las distintas ideas y conceptos que se coordinan en los distintos contextos que se aceptan en la actualidad, ya sean éstos culturales o científicos.

Tampoco es menor la dificultad que presenta la identidad del nivel de operaciones mentales en el que se genera la relación entre distancia y duración. Quizás la mayor dificultad no radique en establecer el nivel de

las operaciones mentales en que se generan los conceptos de distancia y duración, ni siquiera aquél en el que se genera el contenido informativo intrínseco de la relación; sino aquél en el que se establece el concepto de movimiento que permite su determinación numérica o cuantitativa, y se hace explícita su relación de equivalencia con la distancia.

V.- Análisis de los contenidos informativos y relacionales utilizados por Piaget

Según Piaget (1970):

El primer problema que se trata de resolver, al abordar el estudio de la noción de velocidad, es naturalmente determinar de cuál o cuales intuiciones iniciales procede este concepto. Es evidente que, cada movimiento visto, está en principio unido a una impresión de velocidad y como se ha visto, es preciso esperar bastante para que se constituya la idea de un desplazamiento puro, es decir, de un movimiento visto con independencia de su velocidad, como un simple camino recorrido en un cierto sentido. Se tendrá pues que indagar, para analizar la intuición de velocidad en su fuente, a partir de las sensaciones cinestésicas y de las sensaciones o regulaciones energéticas del esfuerzo (o aceleración) y de fatiga (o frenazo). (p. 113).

En el anterior párrafo de Piaget aparecen como variables la velocidad, el movimiento, el desplazamiento y las sensaciones. Como relaciones de estas variables aparecen la del movimiento con la velocidad, la del movimiento con el desplazamiento y la de la velocidad con las sensaciones cinestésicas y energéticas.

Que en el anterior conjunto de variables falte la duración, se incluyan las sensaciones, se establezca una relación inmediata entre éstas y la velocidad, y se anteponga la relación del movimiento con la velocidad a la del movimiento con la distancia, junto a su declaración expresa de que concibe la velocidad como la relación entre la distancia y el tiempo, indican una falta de coherencia en los contenidos que se asignan a dichos vocablos y a sus relaciones, así como un parco conocimiento de los procesos evolutivos e históricos que llevaron a los contenidos de dichos vocablos cuando se usan en los contextos científicos y como magnitudes físicas.

Sobre los anteriores vocablos y sus relaciones se puede establecer lo

siguiente:

El vocablo movimiento se encuentra en la franja que delimita lo científico de lo cultural y social. Esto implica que, a pesar de su uso en los contextos científicos, no es una magnitud física, porque aún no posee un contenido intrínseco explícito que permita su determinación numérica. Ello se debe a que toda persona tiene una idea de movimiento y dicha idea posee suficiente delimitación frente a los otros vocablos como para que no surja duda alguna; mientras no se lucubre con conceptos elaborados a partir de información no contrastable. Por ejemplo, Zenón de Elea y los componentes de la escuela de Megara llegaron a negar el movimiento en base a sus lucubraciones de espacio y tiempo. Pero entre la primera idea de movimiento, cuyo contenido intrínseco se limita a recoger todo aquello que implica no persistencia de la distribución de la información contrastable, sea de los propios cuerpos o de los cuerpos entre sí, hasta la idea de movimiento cuyo contenido intrínseco y explícito, admite una determinación numérica, hay diversos conceptos de movimiento que corresponden a las numerosas etapas de estructuración de la información que se genera a partir de las señales que activan a los sentidos corporales.

En la actualidad, la velocidad es un concepto vulgarizado por el proceso generalizado de la enseñanza. El uso de dicho vocablo no implica un contenido único ni siquiera propio, sino el diverso, variado y global, que se matiza con los vocablos variación, cambio, incremento, alteración, mudanza, transformación, etc. A dicho vocablo se encuentra asociada una magnitud física; pero su contenido intrínseco tampoco es único, sino que depende del modelo utilizado para argumentar. Estos modelos se pueden agrupar en dos grandes clases, los que priman la información que suministra la práctica y los utilizados en las actividades educativas, culturales, científicas, divulgativas, sociales, etc. Cada persona posee tantos conceptos de velocidad cuantos modelos utilice en sus actividades, ya sean de tipo corporal, culturales o científicas. De todos los conceptos de velocidad que posee una persona, sólo unos pocos tienen determinación numérica. Si son mentales puros siempre llevan acoplados una serie de convenios y limitaciones. Si son prácticos siempre implican procesos tecnológicos complejos y, usualmente, desconocidos.

En cuanto al vocablo desplazamiento se podría decir lo mismo que con respecto al movimiento, si no fuese porque incorpora globalizada la

información que le correspondería a la magnitud física posición. Entre el desplazamiento como ocupación del lugar que antes había ocupado otro cuerpo y aquél que admite la determinación numérica tanto de su distancia como de su orientación, y que se obtiene como variación de la posición de un cuerpo respecto de un centro de referencia dado, hay una serie de contenidos propios de dicho vocablo, que cada persona utiliza según sea el conjunto de condiciones en que actúa. Cuando se utilizan conjuntamente desplazamiento y movimiento, lo corriente es que se genere una ambivalencia entre ambos, que sólo es correcta en condiciones muy restrictivas y, usualmente, implícitas.

La relación entre movimiento y distancia no es única. Para ver esto no hay más que acudir a lo que dice Aristóteles cuando clasifica los movimientos y dice que hay movimientos de generación, aniquilación, aumento, disminución, alteración y movimiento local (cambio de lugar). Ni, incluso, cuando se limitan los movimientos a los cuerpos que conservan constantes sus distribuciones intrínsecas (figura y tamaño), la relación entre movimiento y distancia es única. La restricción, para que dicha relación entre movimiento y distancia (que no desplazamiento ni longitud) sea una equivalencia, es drástica, pues sólo se cumple en las traslaciones puras y rectas de sólidos rígidos (aunque su velocidad no sea constante). Conviene tener en consideración que el uso del vocablo distancia es específico para designar el conjunto de puntos mínimo que hay entre dos dados (módulo del segmento recto que une dichos puntos) y para los conjuntos de puntos de segmentos lineales explícitos (distancia por carretera entre Granada y Madrid). Cuando se hace referencia al conjunto de puntos que corresponde a un segmento lineal cualesquiera o que no está determinado explícita o implícitamente, se usa el vocablo longitud.

El desplazamiento es un vocablo transferido a la cinemática desde el lenguaje técnico marino. En éste designa el volumen de agua desalojado por un navío hasta su línea de flotación. En los contextos de la física, el desplazamiento no está reconocido de manera oficial, pero su uso indica la necesidad de expresar el incremento de distancia y el cambio de orientación entre dos lugares ocupados por el móvil. Esta falta de reconocimiento oficial se debe a que tampoco existe un reconocimiento explícito de la magnitud física de la que se obtiene, que es la posición: la magnitud física desplazamiento es el incremento finito de la posición (hay que advertir que este desplazamiento sólo es equivalente al movi-

miento correspondiente del cuerpo que se mueve del lugar origen al lugar final en condiciones muy restrictivas. El desplazamiento de un barco sí es equivalente a su movimiento ascendente o descendente).

La relación entre el movimiento y la velocidad. Esta relación, por su mero enunciado, niega que se conciba la velocidad como una relación entre la distancia y la duración. Para que se relacionen dos entes, ambos tienen que tener identidades independientes. Así se puede decir que dos cuerpos son blancos o que uno es más pequeño que otro, pero no se puede relacionar un cuerpo con su color, porque tal color es una propiedad del cuerpo y no una entidad independiente.

La velocidad es una propiedad de los movimientos que son traslaciones puras, rectas y uniformes, que permite dotarlos de una identidad con determinación numérica, pero también es una cualidad de las traslaciones puras que, aunque no permite darles identidad, sí da información del cambio infinitesimal temporal de la posición del móvil en traslación pura.

En los contextos actuales se conviene que el concepto de velocidad posee identidad propia, porque se supone que es válido para cualquier movimiento y porque se prima su carácter de ser función matemática sobre su contenido informativo. Pero ambos son injustificables ante una correcta estructuración de la información contrastable, porque en rigor la velocidad es un concepto cuyo contenido informativo sólo puede aplicarse a las traslaciones puras. Si éstas son rectas y uniformes, la velocidad es una magnitud, porque cada uno de sus valores numéricos da identidad a cada uno de los estados dinámicos del cuerpo que se mueve; pero si las traslaciones puras no son rectas y uniformes, la velocidad es una simple variable que da información de la variación infinitesimal temporal de la posición del cuerpo móvil.

Cuando lo que se mueve no es un sólido rígido o si es sólido rígido no se mueve en traslación pura, lo que se mueve no posee posición y por consiguiente no puede asignársele velocidad alguna ni siquiera desde el punto de vista matemático (como no hay función de posición no puede darse su derivada temporal que sería su velocidad) ni desde el punto de vista físico (hay variaciones de lugar, pero tales variaciones no sólo no admiten determinación numérica, sino que ni siquiera admiten una delimitación completa).

Otra condición que ha llegado a olvidarse es que el contenido informativo de la distancia que figura en la velocidad es la determinación

numérica de ciertos movimientos (lo que en una correcta etimología sería “el valor numérico del movimiento” y no su carácter geométrico simple¹). Bajo esta premisa, la velocidad es una relación entre la determinación numérica del movimiento (el valor numérico del movimiento medido como distancia) y la determinación numérica de la duración correspondiente (conjunto de instantes en que tal movimiento existe). El primero que pudo intuir este concepto de velocidad fue Galileo, pues él fue el primero que pudo reproducir ritmos regulares con la suficiente sensibilidad y fiabilidad, como para dotar a la duración de un contenido intrínseco e independiente de la traslación pura.

La relación entre el movimiento y el desplazamiento. A la vista de lo que antecede, se deduce que lo que Piaget denomina relación entre el movimiento y el desplazamiento, es una interpretación generalizada de la determinación numérica que admiten sólo ciertos movimientos, que son las traslaciones puras y rectas, sean o no uniformes. Cuando los sólidos rígidos se mueven en traslación pura y recta, la determinación numérica de su movimiento se puede dar por la distancia que recorre cualesquiera de las partes puntuales que en él se puedan considerar. Esto ya había sido logrado por los profesores del Merton College de Oxford en los comienzos del siglo XIV (poner bibliografía), pero fue olvidado por completo o confundido con conceptos actuales.

Relaciones entre velocidad y sensaciones cinestésicas y energéticas. En cuanto a estas relaciones, hay que poner de manifiesto que tales sensaciones se deben a la energía potencial química y al potencial químico, que el organismo activa en los músculos, tendones y huesos, así como a sus incrementos finitos e infinitesimales de tales energía y potencial químicos, los cuales están relacionados con la energía, la potencia, el trabajo, el potencial, el gradiente temporal del potencial y la diferencia de potencial, del cuerpo empujado o parado. Todos estos conceptos sólo poseen una delimitación clara como funciones matemáticas, pero sus contenidos de información intrínsecos ni siquiera están delimitados con rigor entre sí ni con respecto a los de otras magnitudes. Además, en el decurso histórico, los contenidos informativos intrínsecos de las magnitudes que dan identidad al sistema en traslación pura (inercia de la traslación, velocidad, velocidad areolar, potencial de traslación, momento

1 Esto es similar a lo que ocurre con los ángulos de un voltímetro, pues el contenido informativo de dichos ángulos no se limita a su carácter geométrico de ángulo, sino que permite la determinación numérica de la diferencia de potencial eléctrico entre los dos conductores conectados a dicho voltímetro

lineal, momento angular y energía de traslación) han estado, usualmente, mistificados con los de las magnitudes que identifican la interacción dinámica (fuerza dinámica, momento de la fuerza dinámica, potencia, impulso lineal, impulso angular y trabajo dinámico), pues los sistemas de traslación no han sido delimitados con rigor de los cinéticos. Así la “fuerza” de Descartes (mV) sería la “cantidad de movimiento” para Newton; pero las cualidades que Descartes le asignaba a su “fuerza” y , por lo tanto, su contenido, serían los correspondientes a la “fuerza viva” de Leibnitz, (entre 1686 y 1895) que, a su vez, sería el doble de lo que se comenzó a denominar como “integral de energía cinética” hacia el 1741, porque su identidad se obtuvo como integral del convenido “principio de los trabajos virtuales” y de la “acción” de D’Arcy (ambas producto de la metodología matemática aceptada); pero no como resultado de un avance en la estructuración de la información sobre los sistemas en traslación.

Es evidente que la duración no aparece en el párrafo de Piaget. Esto puede deberse tanto al uso equivalente entre tiempo y duración, al que habitúa la enseñanza, como a una conceptualización del tiempo que aún no permite establecer la diferencia entre tiempo y duración. El problema que plantea la estructura conceptual consciente del tiempo es mucho más complejo que el de cualquier otra variable física por diversos motivos. Uno de ellos es que el primer funcionamiento mental estructurado requiere de una actividad cerebral regida por un patrón de regularidad que consiga integrar de manera unitaria los registros cerebrales de los distintos sentidos corporales, lo que el niño consigue por primera vez hacia los 6, 7 años de edad; pero la conciencia mental aparecerá con posterioridad a dicha primera estructura mental, pues se deberá a la confrontación de sus entes o elementos mentales, con los registros concretos que cada sentido corporal elabora para cada cuerpo.

Otro motivo de dificultad para la conceptualización consciente del tiempo es que a pesar de ser una variable de todo lo que existe (todo lo que existe envejece) su información nunca es inmediata ni explícita; sino que hay que obtenerla por extrapolaciones a partir de las persistencias armónicas.

Otra dificultad del tiempo es que sus elementos o instantes, no son conjuntos de información simples; sino complejos, pues poseen distintos aspectos esenciales: todos los instantes poseen el mismo módulo o duración, son universales, devienen de uno en uno (monóticamente),

son singulares (el universo que coexiste en el devenir de cada instante es único), devienen en continuidad (se suceden sin que entre dos de ellos se pueda intercalar otro y sin que su módulo pierda la constancia). El devenir de los instantes es el origen del orden y de la regularidad.

Está claro que Piaget no tiene en cuenta que los conceptos geométricos se generan a partir de la aparición de la conciencia mental y que por ello aparecen tardíamente (hacia los 7,8 años), desarrollándose casi simultáneamente con la transformación de la estructura conceptual concreta a las estructuras conceptuales general y abstracta (a esto se debe que los conceptos geométricos sean considerados por la conciencia mental como los más básicos e, incluso, que el tiempo, a pesar de ser más elemental y primario que lo geométrico, se exprese en función de lo geométrico, por ejemplo, la línea del tiempo). La relación entre movimiento y distancia que busca Piaget no la puede encontrar en los niños, porque tal relación procede del acondicionamiento educativo y no de una coordinación estructural de la información que suministran los sentidos. La relación entre movimiento y distancia, que se basa en la información que suministran los sentidos, exige una evolución conceptual del movimiento hasta que permita su determinación numérica y ello, además de su dificultad intrínseca por el nivel de estructuración que requiere, resulta imposible en la actualidad, porque las habituaciones que se imponen desde la enseñanza abortan dicho proceso estructural.

VI.- Conclusiones

La elección, por Piaget, de contenidos informativos en los campos de la física y de la matemática, como elementos de su investigación, representa un innegable acierto; porque tales contenidos informativos son los más inmediatos a las señales de los sentidos y los que poseen mejores estructuras. Pero las estructuras que en la actualidad se usan para los distintos contextos físicos y matemáticos, a pesar de su difusión y aceptación general, no poseen una correspondencia ajustada con la estructura que exige la información contrastable.

En los registros cerebrales de las señales de los sentidos corporales debe haber información relacionada con la distancia, pero no hay ninguna clase de señal que contenga información de la distancia, en contra de lo que ocurre con las clases de señales que informan sobre el color,

la pesadez, el olor, etc. Sin embargo, la información sobre la distancia está incluida desde que los registros cerebrales dejan de ser globales y binarios (desde que los registros de la vista dejan de ser claros y oscuros, los registros del oído dejan de ser sonidos y silencios, los registros del olfato dejan de ser olores y no olor, etc.), apareciendo los primeros subconjuntos en cada una de las zonas cerebrales correspondientes a cada sentido corporal. Las propias distribuciones de subconjuntos que aparecen en cada uno de los registros cerebrales de cada una de las zonas correspondientes a los distintos sentidos corporales, constituyen la base informativa de la distancia. Pero entre la información de las distribuciones de dichos subconjuntos y la información mental de la distancia, hay un duradero, complejo y progresivo proceso, difícil de establecer y analizar.

Algo parecido ocurre con la duración, pero con un grado mayor de dificultad. A pesar de ello, una vez que un individuo humano alcanza la primera estructura de la información mental, la práctica de las medidas de distancia y duración, acaban superponiéndose al proceso de estructuración de la información mental. Esto se debe a que la distancia y la duración, obtenidas de la práctica de medición, se consideran información mental inmediata a las señales del exterior, porque se ignoran los conjuntos de convenios implícitos que tales medidas llevan asociados. La contradicción racional que dicha práctica de medición comporta acaba siendo acallada y sojuzgada, por medio de la habituación y la repetición.

Los niños en la actualidad poseen un concepto de velocidad asociado al uso de los coches. Muchas de las dificultades, que la enseñanza de este concepto presenta en la actualidad, habría que buscarlas en el campo de experiencia diferente para alumnos y docentes. Éstos aún conservan su habituación a los contextos educativos, que fue simultánea con una pobre experiencia con coches y, por lo tanto, sin información técnica de la rapidez; pero los alumnos actuales enfrentan a la habituación de los contextos educativos, su propia información técnica y práctica sobre la velocidad que le proporciona el viajar en los coches. Esto impone que la velocidad de los docentes sea un contenido informativo dependiente de los contextos, mientras que la velocidad de los alumnos posee un contenido informativo predominante que procede de la práctica que les permite la tecnología de los coches y otros medios de transporte.

Queda claro que Piaget y sus colaboradores aplican a los vocablos

movimiento, distancia, velocidad y duración, etc. aquellos contenidos informativos que poseen en los contextos educativos vigentes; pero no hay indicios de una mínima investigación histórica del desarrollo de tales conceptos ni del proceso que llevó a ellos.

Tampoco parece que se planteen duda alguna de que la información que ellos creen ver, sea la que existe y debe obtenerse: si ellos ven en un trozo de vías una distancia, ¿por qué no la va a ver el niño?, si ellos ven en el movimiento del tren una velocidad ¿cómo puede alguien no verla?

Dada la complejidad que presenta la investigación de los desarrollos conceptuales en los niños, porque con tales desarrollos coinciden los propios procesos de desarrollo biológico y mental, así como el febril y efervescente desarrollo tecnológico actual, parece que, lo más razonable, sería indagar primero el desarrollo conceptual en el periodo correspondiente a la actividad universitaria y posterior. Aún más, quizás una investigación histórica sobre el desarrollo de ciertos conceptos, sería el método más fácil y seguro para establecer ciertos aspectos fundamentales y básicos de la evolución mental.

VII.- Referencias bibliográficas

- Cross, R. T. y Pitekethly, A. (1991). Concept modification approach to pedestrian safety: a strategy for modifying young children's existing conceptual framework of speed. *Research in Science and Technological Education*, 9(1), 93-106.
- Fernández, E., Solano, I., y Jiménez, E. (2000). La divulgación frente a la terminología científica: un ejemplo concreto. En E. Páramo Sureda (Ed.), *Comunicar la Ciencia en el siglo XXI. I Congreso sobre Comunicación Social de la Ciencia. Libro II* (pp. 244-248). Granada: Parque de las Ciencias y Proyecto Sur de Ediciones.
- (2001). Nueva consideración del contenido de la primera ley de Newton. En V. Franco, A. Conde, & R. Márquez (Eds.), *XXVIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física y 11º Encuentro Ibérico para la enseñanza de la Física. Resúmenes de las Comunicaciones. Volumen II* (pp. 307-308). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- (2002). La primera ley de la dinámica. En N. Elórtegui, M. Medina, J. Fernández, C. Varela, & F. Jarabo (Eds.), *Relación Secundaria Universidad. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 615-623). La Laguna: Universidad de La Laguna.
- (2004). Sobre el concepto de movimiento. En P. Díaz Palacio, I. Echevarría Ugarte, J. M. Etxabe Urbieto, M. D. Fernández Alonso, G. Maguregui González, M. Morentín Pascual, & A. Uskola Ibarluzea (Eds.), *La Didáctica de las Ciencias Experimentales ante las Reformas Educativas y la Convergencia Europea. XXI Encuentros de Didáctica de las*

- Ciencias Experimentales* (pp. 515-520). San Sebastián: Universidad del País Vasco.
- Ferraté, G. (1981). *Diccionario de términos científicos y técnicos de McGraw-Hill*. Barcelona: Marcombo (V.O.: McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms. D.N. Lapedes (Ed.). Londres: McGraw-Hill, 1981).
- García, J.J., Pro, A., y Saura, O. (1995). Planificación de una unidad didáctica: el estudio del movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 211-226.
- Halloun, I. A. y Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53(11), 1056-1065.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1991). *La ciencia de los alumnos. "Su utilización en la didáctica de la Física y la Química"*. Vélez Málaga: Elzevir.
- Levin, I., Siegler, R. S., y Druyan, S. (1990). Misconceptions about motion: development and training effects. *Child Development*, 61(5), 1544-1557.
- Lovell, K. (1977). *Desarrollo de los conceptos básicos matemáticos y científicos en los niños*. Madrid: Morata.
- Perry, B. y Obenauf, P. (1987). The acquisition of notions of qualitative speed: the importance of spatial and temporal alignment. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(6), 553-565.
- Piaget, J. (1970). *Les Notions de Movement et de vitesse chez l'Enfant*. París: Presses Universitaires de France.
- (1978). *El desarrollo del tiempo en el niño*. México: Fondo de Cultura Económica (V.O.: Le développement de la notion de temps chez l'enfant. París: Presses Universitaires de France, 1946).
- Poduska, E. y Phillips, D. G. (1986). The performance of college students on Piaget-type tasks dealing with distance, time and speed. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(9), 841-848.
- Real Academia de Ciencias Exactas, F. y. N. (1996). *Vocabulario Científico y Técnico*. Madrid: Espasa Calpe.
- Siegler, R. S. y Richards, D. D. (1979). Development of time, speed, and distance concepts. *Developmental Psychology*, 15(3), 288-298.
- Walsh, E., Dall'Alba, G., Bowden, J., Martin, E., Marton, F., Masters, G., Ramsden, P. Y Stephanou, A. (1993). Physics students' understanding of relative speed: a phenomenographic study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1133-1148.
- Weinreb, N. y Brainerd, C. J. (1975). A developmental study of Piaget's groupement model of the emergence of speed and time concepts. *Child Development*, 46(1), 176-185.