



SECRETARIA ACADÉMICA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN DESARROLLO EDUCATIVO

*“Estrategia didáctica para la construcción de un modelo científico escolar
sobre movimiento con alumnos de secundaria”*

Tesis que para obtener el Grado de
Maestra en Desarrollo Educativo
Presenta

María Nori Mendoza Hernández

Directora de Tesis: Doctora Claudia López Becerra

México D.F.

Mayo de 2013

Dedicatoria

*Para los tres hombres tan importantes en mi vida:
Emiliano, Alejandro y Lorenzo, porque ellos son la
fuerza que me ha impulsado en la vida.*

*Para mi madre porque es una mujer
extremadamente valiosa y ha sido un ejemplo de
vida.*

*Para mi muy unida familia: hermanas, hermanos,
sobrinas y sobrinos*

Agradecimientos:

A mis compañeros en esta empresa que iniciamos y terminamos juntos, pero muy en especial a mi compañero y amigo Rodolfo.

A la doctora Claudia por haber sido mucho que una asesora.

Al Dr. Ángel porque me dio aliento cuando creí que cejaría a en este intento.

A todos mis maestros de la maestría, en especial a Julio Rafael Ochoa.

A mis lectores: Dra. María Trigueros, Dra. Diana, Dr. Ángel, Dra. Nidia.

A los estudiantes de los grupos 2°C y 2°D generación 2011-2013 de la Secundaria Diurna 266 “Teotihuacán” turno matutino.

Al CONACYT.

Muchas Gracias

Contenido

Introducción.....	1
CAPÍTULO 1 Problemática.....	4
1.1. Planteamiento del problema.....	5
1.2. Justificación.....	9
1.3. La modelización como una propuesta de solución.....	9
CAPITULO 2 Constructivismo, Ideas Previas y Modelización.....	14
2.1. Constructivismo.....	15
2.2. Ideas Previas.....	19
2.3. Modelización.....	22
2.3.1 Ciencia Escolar.....	24
CAPITULO 3 Modelo Cognitivo sobre fuerza y movimiento.....	28
3.1. Revisión y Análisis de Ideas Previas sobre fuerza y movimiento.....	29
3.2. Modelo cognitivo.....	38
CAPÍTULO 4 Modelo Científico Erudito.....	40
4.1 Evolución histórica del movimiento de los cuerpos.....	41
4.1.1 Mecánica Aristotélica.....	41
4.1.2 Teoría del Ímpetus.....	42
4.1.3 Mecánica Galileana.....	43
4.1.4 Mecánica de Descartes.....	43
4.2 Las leyes de Newton.....	45
4.2.1 Espacio y tiempo.....	45
4.2.2 Primera ley de Newton.....	48
4.2.3 Segunda ley de Newton.....	49
4.2.4 Tercera ley de Newton.....	51

4.3 Modelo Científico Erudito.....	52
CAPÍTULO 5 Modelo Curricular sobre fuerza y movimiento.....	54
5.1 Plan de estudios 2006. Reforma de Educación Secundaria.....	56
5.1.1 Programa de Ciencias II (Énfasis en Física).....	57
5.1.1.1 Bloques relacionados con movimiento.....	57
5.1.1.2 Aprendizajes esperados.....	59
5.2 Modelo Curricular.....	60
CAPÍTULO 6 Estrategia Didáctica.....	62
6.1 Modelo Científico Escolar de Arribo.....	63
6.2 Evaluación.....	66
6.3 Criterios para el diseño de la estrategia didáctica.....	68
6.3.1 Estructura de la Estrategia Didáctica.....	70
6.3.2 Resultados del pilotaje de la Estrategia Didáctica.....	71
6.4 Descripción de las actividades.....	73
6.4.1 Fase de Inicio. Exploración.....	73
6.4.2 Fase de Desarrollo.....	76
6.4.2.1 Introducción de nuevos puntos de vista.....	76
6.4.2.2 Síntesis.....	78
6.4.3. Fase de Cierre Aplicación y Generalización.....	80
CAPÍTULO 7 Análisis de los modelos científicos escolares.....	82
7.1 Análisis de Resultados.....	83
7.1.1 Actividades de Exploración. Análisis de las ideas previas.....	83
7.1.1.1 Modelos Iniciales de los estudiantes.....	91
7.1.2 Introducción de nuevos puntos de vista.....	93
7.1.2.1 Modelos Intermedios de los estudiantes.....	98
7.1.3 Síntesis.....	99
7.1.3.1 Modelos alcanzados por los estudiantes.....	102

7.2 Análisis de la aplicación de los modelos. Aplicación y Generalización....	103
Consideraciones Finales	109
Referencias	113
Anexos	118

INTRODUCCIÓN

Es un hecho aceptado que la población en general requiere de una formación científica básica que le permita comprender mejor su entorno para relacionarse de manera responsable con él (SEP, 2006), a partir de lo cual se empezó a investigar sobre problemas vinculados con la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Aun cuando no exista una respuesta contundente de cómo solucionar dichos problemas, el campo de conocimientos denominado Educación en Ciencias ha realizado importantes esfuerzos por lograrlo.

Durante las últimas décadas del siglo pasado la preocupación creciente de educadores e investigadores acerca del aprendizaje de las ciencias llevó a realizar múltiples investigaciones que identificaron y pusieron de manifiesto la importancia de tener en cuenta las ideas previas de los alumnos (Driver, 1988). Dichas ideas, previas a la escolarización, permiten a los estudiantes dar explicación a los fenómenos que ocurren en la naturaleza y con las cuales, aunque no conscientemente, construyen modelos que pueden ir transformándose a lo largo del proceso de enseñanza. A esta construcción de modelos, por parte de los estudiantes, se le denomina Ciencia escolar o modelización. Por esta razón el presente trabajo pretende dar cuenta de la pertinencia para los docentes el diseñar una estrategia didáctica basada en la modelización.

Este trabajo pretende ser una contribución a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias para que el conocimiento en los alumnos no sea memorístico y sea construido por el alumno mismo. Se pretende diseñar una estrategia didáctica fundamentada en el constructivismo y la modelización de la mecánica newtoniana en alumnos de segundo grado de secundaria.

Es preciso mencionar que en este nivel no se trata de incursionar al alumno en el terreno de la ciencia formal, sino conformar una articulación entre conocimiento escolar y conocimiento cotidiano en un ámbito distinto con un enfoque formativo en donde sea posible aproximar los elementos cognitivos hacia mejores

explicaciones que existen hasta el momento sobre los fenómenos naturales que ocurren en su entorno. El trabajo se organiza en siete capítulos:

En el primer capítulo se plantea uno de los problemas en la Enseñanza de la Física a nivel secundaria y es el que los estudiantes piensan que en el reposo no actúan fuerzas, para que haya movimiento sea necesaria la aplicación de una fuerza y a ésta como una propiedad intrínseca de los cuerpos, asimismo que establezcan una proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad, concepciones de los alumnos que dificultan el estudio de la Mecánica newtoniana. Asimismo, en el primer capítulo se da cuenta de la relevancia de abordar este problema de aprendizaje y la forma más adecuada para su abordaje: la modelización.

En el segundo capítulo, ante la importancia de darle solución al problema de aprendizaje- que representa la comprensión de la mecánica newtoniana- mediante el diseño y aplicación de una estrategia didáctica fundamentada en la modelización se describe el marco teórico que fundamenta el diseño de la misma: constructivismo, ideas previas y modelización.

Dada la estructura bajo la que se diseña la estrategia didáctica y la importancia de las ideas previas en la construcción del conocimiento por parte del estudiante, en el capítulo tres se presenta el estado del arte sobre las ideas previas referente a fuerza y movimiento, para así inferir el Modelo Cognitivo sobre movimiento de los estudiantes.

A continuación, en el capítulo cuatro se aborda el marco referencial sobre el movimiento, haciendo un recorrido sobre las diferentes teorías que han explicado dicho fenómeno en la física, con el propósito de inferir el modelo de la ciencia sobre el movimiento (Modelo Científico Erudito).

En el capítulo cinco se muestra un panorama general del fenómeno de movimiento, un tema que aborda el programa de estudios de educación secundaria sobre la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física) para tener el marco contextual, a partir del cual se pudo inferir el Modelo Curricular.

En el capítulo seis aparece el diseño de la estrategia didáctica dando cuenta de los criterios para elaborarla y las diferentes actividades que la conforman, siguiendo la secuenciación de actividades de Sanmartí (2002).

Finalmente en el capítulo siete se presenta el análisis de los datos obtenidos en los diferentes momentos de la estrategia y los correspondientes modelos generados por los estudiantes.

CAPÍTULO 1

Problemática

No podemos resolver problemas pensando de la misma manera que cuando lo creamos.

Albert Einstein

Uno de los problemas más comunes en la enseñanza de la Física es el de las concepciones sobre movimiento que poseen los estudiantes de secundaria. La revisión de la bibliografía sobre las ideas previas que poseen los estudiantes, no sólo de educación secundaria, sino de todos los niveles escolares e inclusive en profesores, sobre fuerza y movimiento, me ha confirmado lo que ya había observado en mi experiencia como docente de educación secundaria. Y es el hecho de que todos nosotros tenemos como referente una mecánica aristotélica y no una mecánica newtoniana. La cotidianidad nos hace concebir las fuerzas, no como una interacción, sino como algo intrínseco de los cuerpos; como “algo” que poseen los cuerpos y se agota a lo largo del movimiento. Consideramos que para que un cuerpo se mueva a velocidad constante es necesario aplicarle todo el tiempo una fuerza invariable. Y, nuevamente, es la cotidianidad la responsable de estas concepciones, pues la fricción no se “ve” y no se vio durante aproximadamente dos mil años. No nos damos cuenta que es ella la responsable de que los objetos se detengan y no el hecho de “que se le acabo la fuerza al cuerpo” o a que “no la empujamos lo suficientemente fuerte”.

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudiantes generalmente piensan que la “fuerza” es algo que hace que sucedan las cosas o que provoca cambios. En sus descripciones de esta palabra usan frecuentemente palabras relacionadas como energía, impulso, presión, potencia y resistencia (Watts, 1983) como sinónimos, confiriéndoselas a los cuerpos como propiedades de éstos. También asocian el concepto de fuerza a las acciones activas, pero no asocian el concepto de fuerza a las acciones pasivas, no consideran a la fuerza como una interacción sino simplemente como algo que produce movimiento. Consideran que si un cuerpo está en reposo, sobre él no está actuando fuerza alguna. Esta tendencia de los estudiantes conduce a dificultades considerables en el aprendizaje, particularmente en apreciar la naturaleza abstracta de estos conceptos y sus relaciones con otros conceptos (Giorgi, Concari y Pozzo, 2005).

Entender y manejar aceptablemente el concepto de fuerza, implica hacerlo dentro de un cuerpo global y coherente de conocimientos (en este caso la Mecánica), dándose cuenta de la potencia de los nuevos conceptos, cuando estos son utilizados para enfrentarse con éxito a muchas de las situaciones novedosas que puedan plantearse (White y Gunstone, 1992).

A partir de la década de los ochenta se ha desarrollado una línea de investigación que pretende caracterizar, describir y explicar no sólo el conocimiento que el alumno elabora antes de su exposición a la enseñanza, al saber académico, sino también al conocimiento cotidiano que aparece como opuesto al conocimiento científico; debido a que proporcionan información acerca de las concepciones con las que los estudiantes enfrentan el aprendizaje del conocimiento científico.

.....tanto investigadores como profesores comenzaron a darse cuenta de que es preciso considerar las ideas que los alumnos traen al aula (tanto si han sido elaboradas en situaciones cotidianas como si lo han sido durante los años de escolarización anterior) (Justi, 2006, p. 174).

Es evidente que los alumnos poseen ideas acerca de los fenómenos que ocurren en su vida cotidiana con las que van interpretando aquellos fenómenos que se les presentan. De esta manera, dirían Driver, Guesne y Tiberghien (1996), “muchos niños llegan a sus clases de ciencias con ideas e interpretaciones de los fenómenos que estudian aunque no hayan recibido ninguna enseñanza sistemática al respecto”. Los profesores, no podemos quedarnos con la idea de que los alumnos *‘llegan en blanco’* a las aulas, Como mencionan Driver et al (1996, p. 23): “Las mentes de los niños no son tablas rasas capaces de recibir la enseñanza de modo neutral; por el contrario, se acercan a las experiencias de las clases de ciencias con nociones previamente adquiridas”. Conforme va creciendo el alumno, su contacto con la realidad lo acerca a *‘experimental’* con lo que está a su alrededor, basándose principalmente en sus sentidos, por lo tanto “el niño, aun

cuando es muy pequeño, tiene ideas sobre las cosas, y esas ideas desempeñan un papel propio en las experiencias de aprendizaje” (Driver *et al* 1996, p. 23).

A las construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y brindar explicaciones, descripciones o predicciones (Bello, 2004, p.1), se les denomina ideas previas. La importancia de conocer las ideas previas de los alumnos es que permite planear estrategias de aprendizaje, permitiéndole al maestro identificar qué tanto pueden facilitar o limitar el aprendizaje de la misma, y de esta manera tener elementos para una mejor organización de la enseñanza al respecto. Las ideas previas, podríamos decir, pueden facilitar o limitar el aprendizaje de las Ciencias, dependiendo de la relación que se establezca con los nuevos conceptos a enseñar.

En estas concepciones de los estudiantes, aunados a la enseñanza tradicional, en donde lo único que importa es la transmisión de los conocimientos por parte de los profesores y de la asimilación de estos conocimientos por parte de aquellos, es donde radican problemas como el de enseñanza y el aprendizaje del movimiento.

Si bien para la educación en ciencias experimentales, son importantes las investigaciones que buscan ayudar a recopilar, clasificar, categorizar e interpretar los preconceptos, consideramos que esto no es suficiente, por lo tanto no es descabellado pensar que los intentos por modificar éstas ideas de los alumnos pueden resultar insuficientes si no se tienen en cuenta las concepciones epistemológicas y de aprendizaje de los maestros (Rodríguez, 2007, p. 23).

Más recientemente, una línea de investigación en el campo de la Educación en Ciencias propone la modelización o ciencia escolar-la construcción en el aula de modelos para explicar diferentes fenómenos de la naturaleza- como una forma de favorecer los procesos de enseñanza y de aprendizaje, (García y Sanmartí, 2006).

En este sentido, es importante resaltar el cambio de perspectiva que representó considerar a la ciencia como una actividad humana, cuya meta es el de interpretar los fenómenos de la naturaleza y para ello construyen modelos. “Los nuevos planteamientos introducen la idea de que la ciencia construye interpretaciones de los fenómenos, modelos” (Sanmartí, 2002, p. 45). De esta manera, se considera que las teorías científicas y los modelos son construcciones humanas que se ajustan más o menos a los hechos del mundo. De ahí que para la didáctica de las ciencias “implica poner el acento de la actividad escolar en la construcción de modelos por parte de los alumnos” (Sanmartí, 2002, p. 48).

Específicamente las ideas previas de los alumnos acerca del movimiento recuerdan a ciertas ideas que se dieron a lo largo de la historia de la ciencia. Este paralelismo según Carrascosa (2005) tiene importantes consecuencias didácticas. En primer lugar, la necesidad de conocer los esquemas interpretativos de los alumnos o ideas previas para diseñar estrategias didácticas y eficaces para modificarlos. En segundo lugar, buscar a que se debe este paralelismo y cómo pudo realizarse el cambio de paradigma.

Halloun y Hestenes (1985, como se citó en Carrascosa, 2005) expresan que las ideas previas que poseen los alumnos son análogas a las reflexiones aristotélicas del movimiento en sentido estricto. La semejanza entre las ideas previas de los estudiantes y las concepciones pre-clásicas no puede ser accidental, sino el resultado de una forma análoga de abordar los problemas. Si las ideas previas de los estudiantes son aristotélicas, como parece serlo por lo reportado en la literatura, y por lo tanto los modelos iniciales de los estudiantes corresponden a un modelo aristotélico, se plantea la interrogante:

¿Es posible mediante una intervención didáctica basada en la modelización acercar los modelos iniciales de los estudiantes a modelos más cercanos a los científicos?

1.2 Justificación

La mecánica es la base fundamental de la física, es a la física lo que el esqueleto al cuerpo humano, pues representa una fuente de mejora del conocimiento científico del mundo. Con el estudio de la mecánica se pueden entender muchos otros fenómenos relacionados con otra de las ramas de la Física. La Física tuvo un desarrollo importante a raíz de este primer gran modelo, la mecánica newtoniana, fue el parteaguas del vertiginoso avance que se dio en el siglo XX junto con la aparición de nuevos hechos físicos, tanto la consideración de cuerpos físicos moviéndose a velocidades cercanas a la velocidad de la luz como el movimiento de las partículas subatómicas que llevaron a la formulación de teorías más abstractas como la mecánica relativista y la mecánica cuántica, que seguían interesándose por la evolución en el tiempo de los sistemas físicos, aunque de una manera más abstracta. A principios de siglo no contábamos con aviones y apenas existía el automóvil, es gracias a la mecánica newtoniana que fue posible el que el hombre llegara por primera vez a la Luna, aunque ésta fracasase en la explicación de fenómenos que involucren velocidades relativistas.

Los alumnos poseen modelos sobre el fenómeno del movimiento semejantes al modelo aristotélico o a la teoría del ímpetus, por lo que es necesario diseñar una estrategia que los acerque a modelos más parecidos a los modelos científicos. Al ser la mecánica el *esqueleto* de la física, es necesario erradicar dichos modelos para acercarlos al primer modelo exitoso de la física, la mecánica newtoniana.

1.3 La modelización como una propuesta de solución

En los últimos años se ha instalado con especial énfasis el interés por indagar los motivos de la creciente crisis de la educación científica, manifestada en las dificultades de aprendizaje de los alumnos, quienes parecen aprender menos ciencia de la que se les enseña, a la vez que presentan menor interés por lo que aprenden.

La educación científica que se imparte en nuestro país en todos sus niveles atraviesa por una pronunciada crisis. Aunque las causas de ésta son diversas, consideramos que el no incorporar en los programas de estudio los últimos desarrollos científicos y las nuevas propuestas psicopedagógicas sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia contribuye de manera definitiva a mantener dicho estado (Juárez, A., Juárez, J., Martínez y Juárez, L., 2004, p.45).

Dicha crisis se pone de manifiesto en los resultados obtenidos en las pruebas tanto a nivel nacional-ENLACE- como internacional-PISA-. El papel que ha tenido México en la prueba PISA lo ha ubicado, en las tres ocasiones que ha participado, por debajo de la media. Es importante resaltar que la prueba 2006 para el área de Ciencias fue aplicada a alumnos que recibieron una educación en ciencias con el currículo del 1993, y volverá aplicarse hasta el año 2015, por lo que es hasta ese momento cuando podrá realizarse una comparación y se verán los efectos que la reforma del 2006 haya tenido en la enseñanza.

Según Justi (2006, p. 174) existen múltiples razones para justificar el bajo nivel de aprendizaje de los alumnos:

- la desvalorización, por parte de los propios estudiantes y a veces del grupo social al que pertenecen, de la adquisición de conocimientos científicos
- otros intereses más inmediatos de las y los alumnos
- presentación de las ciencias tanto en la escuela como en los medios de comunicación como un área difícil y resultante de la aplicación de poderosos métodos objetivos y fidedignos
- presentación de la ciencia por parte de profesores y autores de libros de texto de una forma que no hace que los alumnos le den sentido, o bien como una memorización de hechos, fórmulas, etc.

Hodson (como se citó en Justi, 2006) afirma que el currículo escolar de ciencias ya no atiende a las necesidades, intereses y aspiraciones de los jóvenes ciudadanos de principios del siglo XXI; y defiende que es el momento de reaccionar en

relación con este currículo: “Esta situación exigirá de cada individuo no solamente que tengan una instrucción general amplia, sino que además posea destrezas de comunicación, adaptación y un compromiso para el aprendizaje continuo” (Justi, 2006, p.174). Ante esta realidad surge la pregunta ¿Cuál será el tipo de enseñanza adecuado o el enfoque a utilizar para formar a los alumnos ante este mundo relativamente desconocido?.

La actual propuesta curricular en nuestro país considera que las ciencias deben formar parte del currículo porque los ciudadanos del siglo XXI deberán analizar situaciones y tomar decisiones sobre asuntos que tienen que ver con conocimientos científicos o bien con habilidades técnicas. Desde este enfoque resulta incoherente mantener la enseñanza tradicional que ha priorizado la acumulación de contenidos conceptuales en la mente de los alumnos y ha tratado de que el estudiante asimile de una forma receptiva y pasiva estructuras conceptuales previamente organizadas. Por el contrario, implica promover un modelo de enseñanza que ayude a las alumnas y alumnos a desarrollar una comprensión más coherente, flexible, sistemática y principalmente crítica.

En la ciencia, en particular en la física, los niños elaboran modelos sobre su ambiente físico (Candela, 1991, p. 519), y estos pueden diferir esencialmente de los que sostiene actualmente la ciencia. El lograr que estos modelos se aproximen a los modelos científicos depende en gran medida del profesor, de sus creencias sobre la enseñanza, de cómo percibe él mismo la construcción del conocimiento de las ciencias.

Para llegar a ser capaz de pensar y hablar desde la ciencia en el análisis de problemas reales, se requiere aprender a utilizar marcos teóricos elaborados a lo largo de la historia (Duschl, 1997;García y Sanmartí, 2006).Para la didáctica de la ciencia implica poner el centro de actividad escolar en la construcción de modelos, que como fuentes depositarias de analogías y metáforas, sirven para conocer algo de lo nuevo a partir de lo ya conocido. Pensar a través de modelos posibilita establecer relaciones entre lo real y lo construido y desarrollar una visión

multicausal a partir de considerar más de una variable, todo ello con la finalidad de poder predecir y explicar (García y Sanmartí, 2006).

Izquierdo, Espinet, García, Pujol, y Sanmartí (1999) proponen que los dos conceptos relevantes para orientar la tarea de los docentes son, por un lado el aprendizaje significativo, entendido éste como un aprendizaje que tenga sentido para los alumnos y por otra parte la transposición didáctica (Chevallard, 1980), este último con el propósito de reconciliar el que los conocimientos deban tener sentido para los estudiantes en articulación con los conocimientos científicos.

Desde este enfoque resulta incoherente mantener la enseñanza tradicional que ha priorizado la acumulación de contenidos conceptuales en la mente de los alumnos y ha tratado de que el estudiante asimile de una forma receptiva y pasiva estructuras conceptuales previamente organizadas. Por el contrario implica promover un modelo de enseñanza que ayude a las alumnas y alumnos a desarrollar una comprensión más coherente, flexible, sistemática y principalmente crítica. Es por esta razón que es necesario diseñar una estrategia que permita abordar el tema de la mecánica y que esté fundamentada en la modelización.

Objetivos

General

Diseñar, implementar y evaluar una estrategia didáctica para la construcción de un modelo científico escolar del movimiento en alumnos de secundaria.

Específicos:

- Revisar y analizar las ideas previas reportadas en la literatura acerca del movimiento que poseen los alumnos de secundaria.
- Inferir un modelo inferido a partir del análisis de las ideas previas acerca de fuerza y movimiento que poseen alumnos de secundaria reportadas en la literatura (Modelo cognitivo).

- Analizar los aprendizajes esperados establecidos en los planes y programas de la SEP para explicitar un Modelo Curricular.
- Analizar el modelo científico contenido en la mecánica newtoniana (Modelo Científico Erudito).
- Contrastar el Modelo Cognitivo (inferido de las ideas previas), el Modelo Curricular (inferido de los planes y programas de la SEP), así como el Modelo Científico Erudito para obtener un Modelo Científico Escolar de Arribo (López-Mota, 2011).

CAPÍTULO 2

Constructivismo, Ideas Previas y Modelización

La principal meta de la educación es crear hombres capaces de hacer cosas nuevas y no simplemente de repetir lo que han hecho otras generaciones: hombres creadores y descubridores.

Jean Piaget

De acuerdo con Izquierdo, et al 1999; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999; García y Sanmartí, 2006; Gómez, 2005 una estrategia didáctica basada en la modelización-fundamentada en el constructivismo-, se constituye en una de las formas más adecuadas para abordar el problema de la enseñanza de las ciencias, en general, y del fenómeno del movimiento en particular. Por lo cual aquí se tratará de profundizar en la modelización, a partir de su contextualización en el constructivismo.

2.1 Constructivismo

El constructivismo es una corriente epistemológica preocupada por discernir cómo es que el sujeto epistémico lleva a cabo el proceso de construcción del conocimiento. En donde éste, es considerado como una construcción continua y no procede ni del sujeto epistémico, ni de objetos ya constituidos sino de una interdependencia entre ambos. Se fundamenta en el relativismo y el contextualismo filosófico y surge como una alternativa a dos posiciones epistemológicas: el empirismo y el racionalismo.

Este enfoque se detona con el lanzamiento del primer satélite artificial en 1957, que desencadenó fuertes cuestionamientos al sistema de enseñanza de las Ciencias, sobre todo en Estados Unidos, llevando a un cambio radical en cuanto a sus métodos y campo de investigación. Los primeros estudios demostraron que los estudiantes no se interesaban por el aprendizaje de las Ciencias y las Matemáticas. Debido a esto surgen numerosos proyectos curriculares financiados por la NSF (National Science Foundation). De ellos surgieron proyectos para la enseñanza de las ciencias-Química: "CBA. Sistemas Químicos" (1962) y *CHEMS. Química, una ciencia experimental* (1963); Física: *PSSC. Physical Science Study Committee* (1965), *IPS. College Introductory Physical Science* (1967) y el *HPP. Harvard Project Phphysics* (1970), y Biología: *BSCS. Biological Science Curriculum Study* (1968)-los cuales se implementaron en escuelas secundarias estadounidenses y cuyos resultados demostraron que los estudiantes seguían desmotivados; por lo que surgen nuevas líneas de investigación.

Paralelamente, se presentó un debate sobre “qué es la ciencia” que modificó su concepción, lo cual tuvo consecuencias muy importantes para la didáctica de las ciencias. Se pasó de creer que la ciencia es un conjunto organizado y validado de conocimientos, a considerarla como un tipo de actividad humana. En consecuencia, entraron en crisis tanto los modelos de ciencia “empiricistas”, como los “racionalistas” que dio lugar a un nuevo modelo de ciencia más adecuado para orientar la enseñanza de la ciencia en la escuela (Izquierdo *et al*, 1999).

Una de las líneas de investigación que influyeron en el proceso de cambio fue el trabajo de Ausubel (1968), quien afirmaba “El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno conoce. Averígüese esto y enséñese en consecuencia” con lo cual se impulsó el estudio de las creencias de los alumnos.

El constructivismo, en sus inicios, estuvo muy influenciado por la epistemología piagetiana y por la ausubeliana. Así mismo, por la importancia que se da a los aspectos sociales en la construcción del conocimiento, se vio influenciado por los trabajos de Vigotsky desarrollados en los años treinta. Desde el punto de vista epistemológico, los trabajos de Kuhn, Toulmin y Lakatos fueron otro de los factores detonantes para el cambio, ya que el establecimiento de ciertas similitudes entre la génesis del conocimiento científico a través de la historia de la ciencia y en los estudiantes jóvenes posibilitaba explicar algunas dificultades de aprendizaje (Sanmartí, 2002). Posteriormente los trabajos de Popper, Giere y Feyerabend permitieron su consolidación que consiste en “construir una interpretación del mundo a partir de las interacciones entre el sujeto, sus ideas, sus estructuras y la realidad, por lo que se asume que el conocimiento es el resultado de la actividad racional y constructiva del sujeto” (Rodríguez, 2007, p. 116).

El constructivismo no es un término unívoco, por el contrario se puede hablar de varios tipos de constructivismo: sociocultural, social, radical (Carretero 1997, Ernest, 1995). De la misma manera, Coll (1996) menciona que existe un debate que ha ido creciendo en intensidad y amplitud en cuanto al término se refiere,

paralelamente a la incorporación progresiva de los principios constructivistas al discurso pedagógico, por lo que no es posible hablar de constructivismo en singular, al menos en cuanto al ámbito de la educación se refiere.

Sin embargo aunque existan diferentes posturas acerca del constructivismo, éstas tienen rasgos en común: la que convertiría en único al constructivismo sería como Ernest (1995) lo menciona, "*la metáfora del constructor o del carpintero*"(p.461), término acuñado por Spivey en 1995.

Según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una *construcción* del ser humano. Los instrumentos para realizar dicha construcción son los esquemas que ya posee, es decir, lo que ya construyó en su relación con el medio que le rodea. Dicha construcción depende de la representación inicial que se tenga de la nueva información de la actividad, externa o interna, que desarrolle al respecto (Carretero, 1997).

Trasladado al ámbito de la educación escolar, el constructivismo conduce a poner el acento en la aportación constructiva que realiza el alumno al propio proceso de aprendizaje: es decir, conduce a concebir el aprendizaje escolar como un proceso de construcción del conocimiento a partir de las experiencias y de los conocimientos previos, y la enseñanza como una ayuda a este proceso de construcción (Coll, 1996).

Por lo tanto, bajo este enfoque, el aprendizaje escolar "no puede concebirse como la recepción pasiva de conocimientos, sino como un proceso activo de elaboración de los mismos" (Candela, 1991, p.518).

Bajo esta visión de la enseñanza y el aprendizaje "es necesario reconocer al estudiante como constructor de su propio conocimiento y a la ciencia como un proceso de aproximaciones relativos (no saberes absolutos o positivos)" (Carretero, 1997, p. 48). Además, los sujetos elaboran representaciones, hipótesis y teorías sobre los fenómenos con los que interactúan y, a partir de estas concepciones, interpretan la realidad. En la ciencia, en particular en la física, los

niños elaboran modelos sobre su ambiente físico (Candela, 1991, p. 519), y estos pueden diferir esencialmente de los que sostiene actualmente la ciencia. El lograr que estos modelos se aproximen a los modelos científicos depende en gran medida del profesor, de sus creencias sobre la enseñanza, de cómo percibe él mismo la construcción del conocimiento de las ciencias.

Asumir una posición constructivista del aprendizaje escolar de las ciencias naturales, implica asumir el proceso de construcción del conocimiento científico como un proceso social que requiere el estudio de las interacciones comunicativas en el contexto propio de la educación: el salón de clases. En el aula no sólo los alumnos construyen su conocimiento; el maestro también es un sujeto constructor de su propio quehacer que parte de concepciones sobre ciencia y enseñanza. (Candela, 1991, p. 524).

Duschl (1997) señala que durante los últimos años se ha discutido y reconocido la importancia de la enseñanza de la ciencia como un elemento esencial para los ciudadanos de hoy y mañana. Sin embargo debido a los rápidos cambios que ha sufrido la tecnología, la enseñanza de las ciencias está en crisis. El autor sostiene que ello representa un doble reto para los profesores de ciencias, pues será necesario modificar el currículo enseñado, así como el diseñar una enseñanza de las ciencias que refuerce la idea de que el conocimiento científico es relativo y ha de cambiar.

Por lo que la tarea de los profesores consiste en diseñar estrategias que permitan al alumno acercar sus interpretaciones del mundo por otras más parecidas a las de los científicos (Duschl, 1997). El problema aquí es que las ideas de los alumnos no son científicas y hay que tomarlas en cuenta en la enseñanza para lograr que los alumnos compartan los puntos de vista de los científicos (Izquierdo *et al.*, 1999).

2.2 Ideas Previas

Las ideas previas son consideradas piedra fundamental del campo de investigación de la Educación en Ciencias dentro de la posición constructivista en didáctica de las ciencias. Una de las autoras más reconocidas y citadas en este campo es Rosalind Driver, quien con su tesis de doctorado sobre enseñanza de la física en 1973, llama la atención sobre el hecho de que el alumnado llega al aula con conocimientos generados en y para dominios específicos (física, química, biología); es decir, con conocimientos “previos” a la instrucción.

muchos de los niños llegan a las clases de ciencia con ideas o interpretaciones acerca del porqué ocurren ciertos fenómenos en la naturaleza, aún cuando no hayan recibido instrucción con anterioridad. Los niños crean estas ideas o interpretaciones a partir de las experiencias cotidianas en todos los aspectos de sus vidas: a través de actividades físicas, prácticas, de las conversaciones con otras personas acerca de aquellas o inclusive de los medios de comunicación (Driver, Guesne y Tiberghien, 1996, p.20).

En la década de los ochentas con las investigaciones en didáctica de las ciencias, desarrollada por Viennot (1979) sobre la exploración y el razonamiento de los estudiantes acerca de mecánica clásica y electrodinámica, se comenzó a reconocer que el aprendizaje se produce como resultado de una interacción entre lo que enseña el profesor y las ideas o conceptos preexistentes en la mente del estudiante. Según Viennot (1979) “todos compartimos un esquema explicativo de física intuitiva, el cual, aunque no ha sido enseñado en la escuela, representa un <<stock>> de ideas autoconsistente, aunque sea erróneo, que es utilizado para tratar sin contradicciones muchas de las situaciones encontradas en la vida diaria”.

En las múltiples investigaciones que identificaron y pusieron de manifiesto la importancia de tener en cuenta lo que el alumno sabe, subyacen casi igual número de términos para referirse a ese conocimiento (Cubero, 1994; Jiménez, Solano y Marín, 1994; Wandersee, Novak y Mintzes, 1994; Sánchez, 2002). Aunque, como

señala Giordan (como se citó en Sánchez, 2002), en un principio las ideas de los alumnos recibieron denominaciones con claras connotaciones negativas (por ejemplo concepciones erróneas, preconcepciones, errores conceptuales, ...), poco a poco se ha pasado a una terminología menos agresiva (por ejemplo ideas previas, teorías espontáneas, ciencia intuitiva, ciencia de los alumnos, marcos alternativos, concepciones espontáneas,).

Los diferentes términos usados dependen de las posiciones epistemológicas que los investigadores tienen en torno a la construcción del conocimiento y a su valoración del conocimiento científico y del aprendizaje, por lo que es necesario fijar una postura en torno al término que se va a utilizar para denominarlas. En este sentido llamaremos "**ideas previas**" a las concepciones de los estudiantes, por ser un término que indica que se refiere a una concepción que no ha sido transformada por la acción escolar.

El conocimiento de las ideas previas de los alumnos, por parte de los profesores, es muy importante ya que permiten la planeación de actividades para el desarrollo de estrategias didácticas que tomen como base al estudiante como constructor del conocimiento.

Las ideas previas de los alumnos en el campo del conocimiento científico se han abordado en muy diversas áreas. En la tabla 1 citaremos algunos estudios sobre las ideas previas en el período comprendido de 1926 hasta 2010:

Tabla 1. Algunos estudios sobre ideas previas

Año	Ámbito	Autores
1926	la vida	Piaget
1975	la vida	Delva
1977	el peso y la densidad	Rowell y Dawson
1978	Selección natural	Deadman y Kelly
1979	Selección natural	Brumby
1979	el peso y la densidad	Carretero
1980	Electricidad	Fredette y Lockhead
1981	funcionamiento del cuerpo humano	Contento

1981	el calor y la temperatura	Strauss
1982	funcionamiento del cuerpo humano	Johnson y Wellman
1982	cambios de estado de la materia	Schollum
1983	la luz	Anderson y Karrquist
1983	Electricidad	Gentner y Gentner
1983	la luz	Goldberg y McDermoth
1983	el calor y la temperatura	Wiser y Carey
1984	el peso y la densidad	Carretero
1984	el peso y la densidad	Smith, Carey y Wiser
1985	la vida	Bullock
1985	la vida	Carey
1985	funcionamiento del cuerpo humano	Carey
1985	electricidad	Cosgrove y Osborne
1985	cambios de estado de la materia	Driver
1985	el calor y la temperatura	Erickson y Tiberghien
1985	la luz	Guesne
1985	cambios de estado de la materia	Nussbaum
1986	las plantas	Anamuah-Mensah
1987	el átomo	Faucher
1988	selección natural	Lawson y Thompson
1989	ciclo del agua	Bar
1990	cambios de estado	Pea, Sipusic y Allen
1991	equilibrio químico	Banerjee
1992	peso y gravedad	Bar y Zinn
1993	Calor y temperatura	Magnusson, Krajcik y Borko
1994	evolución	Jimenez-Aleixandre
1995	sustancias	Johnson
1996	volumen	Potari y Spiliotopoulou
1997	el átomo	Albanese y Vicentini
1998	evolución	Baalman y von Ossietzky
1999	energía	Ametller, Gomez y Pinto
2000	ósmosis	Lawson
2001	electromagnetismo	Albe, Venturini y Lascours
2002	lluvia ácida	Marinopoulos y Stavridou
2003	presión y densidad	Fassoulopoulos, Kariotoglou, y Koumaras
2004	genética	Law y Lee

2005	ecología	Magntorn y Helldén
2006	vulcanismo	Dal
2007	difusión y ósmosis	Odom
2008	rotación de la Tierra	Pendril
2010	permeabilidad de células	Rui de Vilar Correia

Estudios sobre dichas ideas previas, han mostrado que, a pesar de su paso por la escuela e incluso hasta después de una formación científica de nivel superior, los alumnos mantienen concepciones sobre los fenómenos físicos distintas a las que se manejan escolarmente. Como estas ideas previas tienen sentido para los alumnos y son útiles cuando justifican las explicaciones que deben dar, en general están firmemente arraigadas en la estructura cognitiva de los alumnos y, por tanto, son muy resistentes al cambio. Las ideas previas han sugerido nuevos enfoques en torno al aprendizaje como el cambio conceptual (Strike y Posner, 1985; Chi, 1992). Sin embargo, Pozo (2007) refiere que la dificultad de cambiar las ideas previas de los estudiantes ha sido uno de los principales argumentos que ha llevado a la revisión de cambio conceptual, por lo que se ha dado paso a la modelización.

2.3 Modelización

Los nuevos modelos de ciencia, aunados a las ciencias cognitivas, que destacan el hecho de que, como en toda actividad cognitiva, para hacer ciencia es necesario actuar con una meta propia (que en este caso es interpretar el mundo, darle significado para intervenir en él) utilizando la capacidad humana de representarse mentalmente lo que se está haciendo y de emitir juicios –evaluar– dieron lugar al Modelo Cognitivo de Ciencia (Giere, 1999).

Justi (2006) menciona que se puede definir la ciencia como un proceso de construcción de modelos con distintas capacidades de previsión. Esta definición une los procesos (de elaboración de modelos y de utilización de los mismos como herramientas del pensamiento científico) y los productos (modelos generados por tales procesos) de la ciencia. A la vez identifica la construcción de modelos no

como una etapa auxiliar sino como un aspecto fundamental en el proceso dinámico y no lineal de construcción del conocimiento científico (Giere, 1999).

Desde esta perspectiva se considera que los científicos son pensadores humanos que desarrollan conocimientos específicos porque tienen una meta específica: conocer el mundo. Y para alcanzarla construyen modelos y teorías de los fenómenos del mundo real, consiguiendo así interpretarlos (Carey, 1992).

Análogamente, Izquierdo-Aymerich y Aduriz-Bravo(2003) señalan que lo que caracteriza la actuación de los científicos es la construcción de teorías, constituidas éstas por modelos teóricos y por dominio de fenómenos; entre modelos y fenómenos se establecen relaciones sustantivas que se desarrollan gracias a la formulación de hipótesis, que son contrastadas con la realidad para poder ser aceptadas.

Los modelos y las teorías son constructos culturales que la ciencia ha ideado para dar sentido a los fenómenos de la naturaleza. Son potentes, porque explican muchos hechos diferentes (García y Sanmartí, 2006). Desde la perspectiva de considerar a la ciencia como un conocimiento basado en modelos, se acepta que las interpretaciones no proceden en forma directa de la realidad, sino de modelos, “objetos abstractos cuyo comportamiento se ajusta exactamente a las definiciones”, pero cuya relación con el mundo real es compleja. “El ajuste modelo-realidad no es global, sino sólo relativo a aquellos aspectos del mundo que los modelos intentan capturar” (Giere, 1999, p. 64).

Los modelos teóricos son las entidades principales del conocimiento científico, ya que éstas cambian, pero no de manera acumulativa sino a través de cambios de enfoque. Para explicar este proceso, Giere y Toulmin (como se citó en Sanmartí, 2002) utilizan como metáfora la evolución de las especies, en donde lo que cambia a lo largo del tiempo son las representaciones o modelos teóricos, debido a mecanismos de variabilidad y selección que presentan los más útiles resultados.

Por ello, los modelos tienden a integrarse desarrollando nuevas versiones más globales. Pero también pueden encontrarse en diferentes estados evolutivos: algunas de ellas son más nucleares que otras, que son periféricas o fronterizas. Todas estas teorías contribuyen a la construcción de conocimiento científico y aportan significado a los fenómenos.

Ya que los científicos generan un modelo que permite explicar algún fenómeno del mundo y generar predicciones, es conveniente señalar su característica de construcción abstracta producto de la actividad humana. Dichas construcciones contienen entidades o elementos y relaciones entre estos elementos o entidades. Los elementos o entidades y sus relaciones pueden organizarse produciendo nociones, definiciones, conceptos, generalizaciones, etc. (Gómez, 2005).

Las entidades pueden considerarse como las unidades operacionales del modelo que posibilitan pensar, comunicar y actuar. Son constructos conceptuales que se pueden caracterizar por su comportamiento dentro de los límites del modelo. Las entidades y sus relaciones pueden dejar de lado alguna serie de aspectos de la realidad, pero sí considerar otros, tales como el contexto o las condiciones necesarias y suficientes para poder hablar del fenómeno en cuestión.

2.3.1 Ciencia Escolar

Si la ciencia es una actividad humana, de igual manera la enseñanza de la ciencias debe concebirse como actividad humana compleja y para ello debe tener meta, método y campo de aplicaciones adecuados al contexto escolar; conectando con los valores del alumnado y con el objetivo de la escuela-que es promover la construcción de conocimientos y hacerlos evolucionar-(Sanmartí y Izquierdo, 1997).

La didáctica de las ciencias se ocupa específicamente de identificar, comprender y solucionar los problemas derivados de la enseñanza de las ciencias. Las investigaciones realizadas para cumplir tal fin, bajo un enfoque constructivista, han puesto de manifiesto que el conocimiento científico personal se construye a partir

de la discusión y contrastación de las propias ideas, lo que ha tenido dos consecuencias:

La primera es que se debe implicar al alumno en su aprendizaje pues sólo él, individual y socialmente, puede gestionar sus ideas y sus acciones (Driver et al, 1996), sin embargo es importante reconocer además que el aprendizaje, como proceso individual, es guiado por los mismos principios (la evaluación y la explicación) que guían el desarrollo del conocimiento en las ciencias (Duschl, 1997). La importancia de los procesos de explicación evaluación, reside en que cada una de ellos representa un producto de la investigación científica determinada por los compromisos teóricos que un individuo o una comunidad de individuos adoptan en la construcción de un punto de vista personal del mundo. El valor que tiene para los profesores de ciencias el conocer cómo la ciencia explica y evalúa radica en que dicho proceso no es distinto a cómo los estudiantes desarrollan un concepto científico del mundo. La construcción del conocimiento se convierte en un elemento crucial: comprender que el conocimiento científico se construye y reconstruye.

La segunda consecuencia es reconocer que las teorías que se construyen espontáneamente (ideas previas) compiten con las teorías que se enseñan en clase.

El Modelo Cognitivo de Ciencia (Giere, 1999) permite acercar la ciencia de los científicos a la ciencia de los alumnos, y aplicado a la ciencia en la escuela, nos proporciona criterios para planificarla; para seleccionar y secuenciar los contenidos pensando en el sentido que tiene para los alumnos; para ocuparnos de manera prioritaria de una gestión en el aula impulsada por un nuevo estilo de evaluación en el cual es imprescindible la metacognición; para diseñar experimentos y problemas adecuados al contexto escolar a partir de lo que el alumno es capaz de hacer reflexivamente.

García y Sanmartí (2006) opinan que aprender en la escuela implica ayudar a los alumnos a construir modelos que sean significativos para ellos. Estos modelos

serán relevantes si se relacionan con fenómenos familiares para ellos sobre los cuales puedan pensar, hablar y actuar. Denominan modelización al proceso de construir estas relaciones y es clave para aprender ciencias, puesto que les permiten dar sentido a los hechos del mundo utilizando modelos cada vez más complejos.

Para llegar a ser capaz de pensar y hablar desde la ciencia en el análisis de problemas reales, se requiere aprender a utilizar marcos teóricos elaborados a lo largo de la historia (Duschl, 1997;García y Sanmartí, 2006).Para la didáctica de la ciencia, implica poner el centro de actividad escolar en la construcción de modelos; que como fuentes depositarios de analogías y metáforas, sirven para conocer algo de lo nuevo a partir de lo ya conocido. Pensar a través de modelos posibilita establecer relaciones entre lo real y lo construido y desarrollar una visión multicausal a partir de considerar más de una variable, todo ello con la finalidad de poder predecir y explicar (García y Sanmartí, 2006).

Bajo esta perspectiva de ciencia escolar se deben tomar en cuenta las ideas previas de los estudiantes, consideradas como representaciones de los estudiantes que sirven para explicar algún fenómeno de la realidad, como modelos iniciales que poseen los alumnos. En nuestro caso a los modelos iniciales le llamaremos modelo cognitivo y podemos inferirlo de las ideas previas reportadas en la literatura.

Dichos modelos (cognitivo) iniciales pueden ir evolucionando en otros modelos construidos a lo largo del aprendizaje producto de la enseñanza, a los que llamaremos modelos científicos escolares. Dicha evolución debiera ir acercándose en la medida de lo posible a los modelos científicos que construyen los científicos. Para diferenciar los modelos construidos por la ciencia y los modelos científicos que los alumnos construyen en el aula, Sanmartí, 2002 y Gómez, 2005 acuñan los términos modelos científicos eruditos y modelos científicos escolares.

El contenido de los Modelos Científicos Escolares y los modelos científicos eruditos, es decir las entidades y las relaciones establecidas en cada uno de ellos,

es muy probable que sean diferentes pero aquellos pueden evolucionar hacia éstos. El elemento común entre los modelos científicos escolares y los modelos científicos eruditos es que ambos permiten pensar, comunicar y actuar sobre un fenómeno.

Clement (como se citó en Gómez, 2005) considera que durante la construcción de los modelos científicos escolares, los alumnos van construyendo una serie de modelos intermedios. Los modelos intermedios, son funcionales y tienen correspondencia con algunos de los elementos del modelo científico escolar. Dentro de esta perspectiva de construcción de modelos se parte de los modelos iniciales y se tiende a un modelo científico escolar deseado.

Los modelos científicos eruditos son los referentes teóricos a los cuales, en última instancia, se quiere llegar en el desarrollo curricular. Sin embargo, dada la revisión de la literatura sobre ideas previas, es hasta cierto punto ilusorio pensar que los alumnos puedan alcanzar dichos modelos. Por tanto, a partir de los aprendizajes esperados establecidos en los planes y programas de estudio se infiere un modelo al cual llamaremos Modelo Curricular. De la contrastación y análisis del Modelo Cognitivo y del Modelo Curricular-el cual es un modelo derivado del Modelo Científico Erudito-, es decir, identificar los elementos y relaciones presentes en cada uno de los modelos diseñaremos un modelo intermedio al cual llamaremos Modelo Científico Escolar de Arribo (López-Mota, 2011, en prensa); con el fin de orientar la acción de la enseñanza.

La gran importancia del modelo científico escolar de arribo es que su identificación permitirá el diseño de la estrategia didáctica. En palabras de López-Mota (2011) *será el faro que ilumine nuestro camino.*

Estos dos aspectos: uno relacionado con la importancia de las ideas previas como elementos que ayudan en la interpretación de los fenómenos y el otro el de concebir las construcciones realizadas por las personas como modelos, son los que se considerarán para la elaboración de la estrategia didáctica.

CAPÍTULO 3

Modelo Cognitivo sobre fuerza y movimiento

El estudio no se mide por el número de páginas leídas en una noche, ni por la cantidad de libros leídos en un semestre. Estudiar no es un acto de consumir ideas, sino de crearlas y recrearlas.

Paulo Freire

En esta parte del trabajo se realiza una revisión exhaustiva de las ideas previas sobre fuerza y movimiento reportadas en la literatura, poniendo especial atención en aquellas que poseen los estudiantes de secundaria para poder así, inferir el **Modelo Cognitivo** de los estudiantes, y esto es, encontrar los elementos y las relaciones entre estos.

3.1 Revisión y análisis de ideas previas sobre fuerza y movimiento

Los estudios sobre las ideas de fuerza y movimiento, gravedad, velocidad y aceleración, etc., son muy numerosas.(Viennot, 1979; Helm, 1980; Watts y Zylbersztajn, 1981; Gunstone y White, 1981; Watts, 1982; Selman y otros, 1982; Watts 1983; Maloney, 1984; Ivowi, 1984; Ruggiero y otros, 1985; Terry y otros, 1985; Terry y Jones, 1986; Noce y otros, 1988; Clement, 1989 ; Bar, 1989; Brown, 1989; Acevedo y otros, 1989; Boeha, 1990; Villani y Pacca, 1990; Finegold y Gorsky, 1991; Kruger y otros, 1992; Thijs, 1992; Galili y Bar, 1992; Reynoso y otros,1993; Galili, 1993; Bar y otros, 1994; Twigger y otros,1994; Kuiper y Mondlane, 1994; Montanero y Pérez, 1995).

Las ideas previas de los estudiantes sobre cuerpos en movimiento han sido exhaustivamente investigadas, considerándose en cierta manera que el tema estaba prácticamente agotado. Excepcionalmente algunos pocos autores han presentado cuestionamientos de fondo sobre estos estudios.

Piaget (1921) realizó algunos de los primeros trabajos que se registran, trabajando con niños más pequeños que los incluidos en rango de edades en el que se centra este trabajo. No obstante es importante mencionar sus estudios, pues se encargó de encontrar las concepciones de los niños sobre la fuerza y el movimiento, que él describe como animistas. Es decir los niños hablan de objetos inanimados como impulsados por una “fuerza de vida” o “fuerza vital”. Para explicar por qué se detenía un cuerpo moviéndose libremente, contestaban “porque quiso” o “porque él quería pararse”. Estos estudios fueron los primeros realizados por Piaget y constituyó la base sobre la que se organizó su teoría de los estados evolutivos;

señalando que las respuestas animistas desaparecen en etapas más desarrolladas intelectualmente.

Jiménez, Solano y Marín (1997) en su revisión de trabajos de investigación acerca de ideas previas sobre fuerza y movimiento en el periodo 1979–1995, encontraron que hay una gran diversidad de objetivos, muestras y técnicas de recogida de datos, indicando que esta heterogeneidad dificulta establecer semejanzas y diferencias en las contribuciones sobre “lo que el alumno sabe” y en algunos casos las preguntas estaban planteadas en términos de la palabra fuerza. A pesar de que se ofrecen resultados diferentes y especificaciones de carácter metodológico, los autores mencionan que la diversidad en los resultados se debe, más que a una progresión en la metodología o en el marco teórico, a los hechos físicos estudiados, al tipo de preguntas realizadas y a la muestra seleccionada.

De esto concluyen que las respuestas del alumno están mediatizadas por la propia pregunta. Así, el sujeto tiene que generar una respuesta sin que se le dé opción a reconsiderar el hecho físico presentado desde una perspectiva diferente a la que se deduce del marco teórico actual de la Mecánica Clásica. Esto podría justificar que los investigadores, al analizar las respuestas de los alumnos a partir del propio contenido objeto de búsqueda, sólo las describan como “correctas”/“incorrectas”, o “adecuadas” / “inadecuadas”.

En una revisión posterior realizada por Solano, Jiménez-Gómez y Marín (2000) que comprende el período de 1979-2000 concluyen que los objetivos de los trabajos realizados han estado dirigidos a comprobar si las concepciones eran compartidas por otras muestras de alumnos, a estudiar su coherencia y consistencia y a analizar la dependencia con la edad o grado de instrucción de los sujetos, encontrándose un elevado número de términos para referirse a lo que el alumno sabe dependiendo de la propia visión del investigador.

Para realizar la búsqueda de trabajos, publicados en años posteriores al 2000, que fueran representativos de investigaciones realizadas sobre ideas previas relacionadas con el concepto de fuerza, se optó por seleccionar aquellos que

hubiesen sido publicados en revistas de ámbito exclusivo de la enseñanza de las ciencias como: Enseñanza de las Ciencias, International Journal of Science Education, Physics Education, Science Education, Science & Education Journal in Research in Science Teaching y Cognition and Instruction. Los resultados de esta búsqueda se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Trabajos referentes a Ideas previas sobre fuerza y movimiento

Autor y año	Objetivos	Muestra
Viennot, 1979	Explorar y analizar el razonamiento espontáneo de estudiantes sobre dinámica elemental	Cientos de alumnos universitarios, principalmente franceses, ingleses y de países bajos
Helm, 1980	Obtener información cuantitativa de que tan extendidas estaban una serie de conceptos erróneos o ideas falsas de la física	Estudiantes universitarios sudafricanos
Gunstone y White, 1981	Evaluar el nivel de comprensión de los alumnos acerca del concepto de gravedad y de los principios de la mecánica	Estudiantes universitarios
Watts y Zylbersztajn, 1981	Investigar si los profesores están conscientes del abismo que existe entre sus marcos de referencia y los de los estudiantes. En particular de la prevalencia de la mecánica no newtoniana en sus estudiantes.	125 estudiantes de 14 años con sus profesores
Watts, 1982	Describir los esquemas conceptuales alternativos de los niños sobre gravedad	20 alumnos de 1° a 6° de escuelas secundarias de Londres
Selman et al., 1982	Comprobar si existe una estructura general paralela entre el razonamiento lógico matemático de los niños	50 niños de primaria y 10 de high school
Watts, 1983	Describir las concepciones de los más jóvenes sobre fuerza	20 alumnos entre 11 y 18 años de Londres
Maloney, 1984	Investigar conocimiento estratégico de los sujetos al determinar cómo se ocupan de tareas específicas	112 estudiantes de high school
Iowi, 1984	Estudiar la extensión en que se dan una serie de errores conceptuales en física entre los estudiantes y entre profesores que permitan sugerir posibles causas y soluciones	258 estudiantes de 15-17 años de escuelas secundarias de Nigeria y 10 profesores
Halloun y Hestenes, 1985	Analizar las ideas del sentido común, y sus causas, de estudiantes acerca del movimiento	22 estudiantes universitarios
Gunstone y	Investigar las concepciones sobre fuerza y	100 alumnos londinenses entre

Watts, 1985	movimiento en niños londinenses y compararlas con las de diferentes países	13, 14 y 17 años
Ruggeiro y otros, 1985	Encontrar esquemas espontáneos que muestren la relación entre peso, aire y gravedad	40 alumnos de 12-13 años
Terry et al., 1985	Averiguar qué comprenden los estudiantes sobre fuerzas y equilibrio estático para encontrar estrategias de enseñanza	57 alumnos que no habían recibido instrucción sobre leyes de Newton; 46 alumnos que habían recibido instrucción sobre la primera y la segunda y 55 que ya habían recibido instrucción sobre las tres leyes
Terry y Jones, 1986	Investigar algunas de las dificultades conceptuales que encuentran los estudiantes con la tercera ley de Newton y examinar las implicaciones que tengan para llevar a un cambio en su comprensión global del concepto de fuerza	39 alumnos de 16 años que habían completado un curso de nivel 0
Noce et al., 1988	Investigar si se pueden generalizar los esquemas propuestos por Ruggeiro (1985) extendiendo la investigación a otros niveles de edad tales como adultos y niños de primaria	224 estudiantes de secundaria; 64 estudiantes universitarios de biología; 74 adultos no expertos en física; 88 niños de primaria y 10 niños de 8-10 años
Clement, 1989	Proponer alguna organización teórica y definiciones de observaciones de constructo anclaje	137 estudiantes de high school
Bar, 1989	Probar la capacidad de los niños para comparar fuerzas y sugerir un procedimiento para enseñar mecánica en escuela elemental.	120 alumnos de primaria
Brown, 1989	Aportar argumentos que apoyen la existencia de una creencia ingenua general de fuerza como una propiedad intrínseca o adquirida de los objetos	94 estudiantes de high school
Acevedo et al., 1989	Investigar las ideas de los alumnos en dinámica, selección de material de aprendizaje y evaluar los resultados de la enseñanza	65 estudiantes de BUP
Boeha, 1990	Recoger algunas visiones de los estudiantes parecidas a las Aristotélicas en situaciones que implican el concepto de fuerza.	126 estudiantes de high school en Papua Nueva Guinea
Villani y Pacca, 1990	Conocer la manera de pensar los procesos físicos que ocurren en las colisiones.	Estudiantes de posgrado en física teórica
Finegold y Gorsky, 1991	Determinar el porcentaje de estudiantes que son consecuentes con sus creencias sobre las fuerzas que actúan sobre objetos en reposo y en movimiento	333 estudiantes universitarios, 144 estudiantes de high school que ya habían estudiado física y 57 estudiantes de high school que no habían estudiado física
Kruger et al., 1992	Dar una visión de los hallazgos relativos a si los profesores de primaria comprenden los conceptos de ciencias	159 profesores de primaria ingleses
Thijis, 1992	Evaluar la eficacia de un curso planeado sobre fuerza en el que se tiene en cuenta las preconcepciones de los estudiantes. Identificar qué estudiantes se benefician del enfoque constructivista	190 estudiantes holandeses de una edad media de 15 años
Galili, y Bar, 1992	Probar la hipótesis de que los fallos de comprensión conceptuales sobre movimiento es posible que	33 estudiantes de 10°; 60 de 11°; 36 de 12° de high school; 27

	sobrevivan al proceso de instrucción	estudiantes desventajados de 23 años y 19 futuros profesores
Reynoso, 1993	Analizar los diferentes esquemas relativos a la caída libre que presentan los estudiantes y profesores mexicanos de escuelas primarias, secundarias y preuniversitarios	33 estudiantes de primaria; 159 de secundaria; 111 preuniversitarios; 19 profesores de primaria y 20 de preuniversitario
Galili, 1993	Probar la validez de una estrategia de enseñanza del concepto de peso (identificar el peso de un cuerpo con la fuerza de gravedad).	129 estudiantes de high school; 27 estudiantes mayores de 23 años y 42 futuros profesores.
Bar y otros, 1994	Identificar ideas comunes de los niños y su consistencia relativa a por qué caen las cosas utilizando diferentes contextos. Correlacionar el desarrollo de las concepciones de los niños de peso y caída libre con sus capacidades para conservar el peso de cuerpos deformables. Verificar las ideas de los niños sobre el papel de la Tierra en la caída libre.	400 niños de entre 4 y 13 años.
Twigger et al., 1994	Identificar concepciones previas comunes en el razonamiento de los estudiantes sobre aspectos del movimiento horizontal y vertical y explorar la extensión en la cual estas concepciones son dependientes de la edad.	36 estudiantes de 10-15 años edad
Kuiper y Mondlane, 1994	Estudiar las interpretaciones que realizan los alumnos sobre el concepto de fuerza para observar si las ideas de los alumnos son coherentes y lógicas independientemente del contexto.	143 estudiantes de 1° a 6°
Montanero y Pérez, 1995	Analizar cómo explican los sujetos las interacciones entre dos cuerpos e investigar las leyes que es posible que generen para dar origen a sus teorías implícitas.	40 alumnos de 16-17 años
Enderstein y Spargo, 1996	Realizar investigaciones acerca de las concepciones que tienen estudiantes de diferentes culturas sobre la relación entre fuerza y movimiento. Encontrar implicaciones didácticas	2326 alumnos en escuelas de la Provincia del Cabo y las zonas de Transkei de la República Sudafricana
Graham y Berry, 1996	Describir los resultados de una investigación sobre la comprensión de estudiante del acerca del momento incluyendo un modelo del desarrollo de la comprensión del estudiante.	165 estudiantes de high school
Bar y Zinn, 1997	Analizar las ideas que poseen los estudiantes acordes a la teoría del sentido común acerca de la acción a distancia para posteriormente utilizarlas en la enseñanza	552 estudiantes israelíes de high school
Eckstein y Kozhevnikov, 1997	Investigar la hipótesis fundamental de la epistemología genética con respecto a concepciones de movimiento: La hipótesis fundamental establece que el desarrollo de los conceptos de los niños tiene un paralelismo con los conceptos en la historia.	577 estudiantes israelíes de 3° a 12° y 440 estudiantes Ucranianos de 5° a 11°
Optiz, 1997	Conocer las concepciones de los estudiantes acerca de un motor y su diseño.	81 estudiantes de primer año de ciencia (técnica)
Palmer, 1997	Determinar el efecto del contexto en el razonamiento que se utiliza para resolver problemas relacionados con las fuerzas que actúan sobre los objetos en movimientos a lo largo de una línea.	40 alumnos de 15 a 16 años de edad y un profesor de ciencias de pregrado

Palmer y Flanagan, 1997	Demostrar que es más fácil cambiar las preconcepciones sobre mecánica de estudiantes más jóvenes que las preconcepciones de estudiantes de mayor edad.	63 estudiantes de 10-11 años y 66 estudiantes de 15-16 años
Bogdanov y Viiri, 1999	Comparar mediante "El inventario del concepto de fuerza" las concepciones acerca de fuerza que poseen estudiantes rusos y finlandeses	218 estudiantes finlandeses de alrededor de 21 años de edad y 53 estudiantes rusos de 19 años de edad
Olivia, 1999	Mostrar la existencia de patrones de razonamiento comunes a las concepciones en las diferentes áreas de la mecánica, así como estudiar nivel de generalidad de estos patrones para mostrar su relación con los marcos generales del pensamiento formal	200 estudiantes de 9° grado y 10 alumnos de tres escuelas del estado
Ioannides y Vosniadou, 2001	Investigar las diferentes concepciones de fuerza en función de la edad de los estudiantes utilizando la metodología desarrollada por Vosniadou y Brewer (1992, 1994)	105 estudiantes en un rango entre 4-15 años de edad
Mildenhall y Williams, 2001	Investigar cómo cambian los estudiantes de intuitivo a científico los modelos de la explicación del movimiento cuando las condiciones numéricas en el problema que se presentase cambian.	120 estudiantes de high school
Jimoyiannis y Komis, 2003	La investigación educativa ha demostrado que la escuela secundaria y estudiantes universitarios también siguen la idea aristotélica sobre el movimiento, por ejemplo, una acción continua de una fuerza es necesario para mantener un objeto en movimiento. La encuesta presentada en este artículo tiene como objetivo una investigación más profunda de las ideas de los estudiantes sobre las fuerzas involucradas en objetos que se mueven bajo la influencia exclusiva de la gravedad	146 estudiantes 15-16 años que asisten a escuelas públicas en Grecia
Pugh, 2003	Demostrar que el aprendizaje de las ciencias es más fácil a través de experiencias transformadoras relacionadas con su vida cotidiana(cambio conceptual)	26 estudiantes de 7° grado
Hartman y Niedderer, 2005	Demostrar es que los estudiantes usan múltiples explicaciones antes y después de la enseñanza, en donde una de las causas se debe a una variación del contexto.	47 estudiantes de 7° grado hasta el nivel universitario
Joung y Gunstone, 2010	Explorar las TPS de niños en Australia y Corea (TPS se refiere a la situación creada de forma espontánea en la mente de una persona cuando primero piensa en la ocurrencia un fenómeno o concepto) en dos situaciones: "la fuerza está actuando sobre una cosa" y "la fuerza no está actuando en una cosa"	145 alumnos de 6° grado en Melbourne, Australia y 150 alumnos de 6° grado de Seúl, Corea

Ya que la estrategia didáctica, producto de este trabajo, está dirigida a estudiantes de secundaria, centraremos nuestra atención en aquellas investigaciones que estén dirigidas a ese nivel educativo. En las investigaciones realizadas por Gunstone, R. F. & Watts, D.M. (1985); Ioannides, C. & Vosniadou, S. (2001);

Palmer D.H. & Flanagan, R.B. (1997); Twigger, D., Byard, M., Driver, R., Draper, S., Hartley, R., Hennessy, S., Mohamed, R., O'Malley, C., O'Shea, T., & Scanlon, E. (1994); Watts, D. M. & Zylbersztajn, A. (1981); se encuentran 24 ideas previas de fuerza y movimiento para el nivel secundaria (ver Tabla 2). Las posturas de los investigadores es que las ideas iniciales que poseían los alumnos debían ser modificadas, remodeladas, transformadas pero tenían que ser respetadas y no necesariamente debían estar equivocadas, considerándolas además como el punto base para la construcción del conocimiento. La postura de estos autores era acorde con el constructivismo.

Tabla 2. Ideas previas sobre fuerza y movimiento en alumnos de secundaria

Idea previa	Autor
Un globo inflado con hidrógeno asciende rápidamente si se suelta, por la naturaleza del gas que tiene en su interior, que se supone es una fuerza inherente al objeto, puesto que no dispone de ninguna propulsión externa.	Gunstone y Watts, 1985
Si una persona que se desliza por la falda de una colina en un trineo, quisiera seguir moviéndose por la horizontal, tendría que seguir impulsándose, pues de otro modo perdería fuerza hasta detenerse.	Gunstone y Watts, 1985
Para que un cuerpo se mueva con velocidad constante, hace falta un impulso constante. Si no fuerzas el movimiento de algo, no sigue andando.	Gunstone y Watts, 1985, Ioannides y Vosniadou, 2001
La fuerza es ascendente cuando una persona lanza una pelota hacia arriba, pues pone toda la fuerza bajo la pelota para moverla; al pararse la pelota en la altura máxima, la fuerza de lanzamiento proporcionada por el sujeto desaparece, de modo que la fuerza de la gravedad atrae la pelota hacia el suelo	Watts y Zylbersztajn, 1981; Palmer y Flanagan, 1996
La dirección de la fuerza es necesariamente la misma que la del movimiento del objeto.	Watts y Zylbersztajn, 1981
La dirección en la que se debería aplicar una fuerza para cambiar la dirección del movimiento de un objeto en 90°, es justamente en la dirección en la cual el objeto debería moverse, es decir, formando un ángulo de 90° con la dirección original.	Gunstone y Watts, 1985
Si un cuerpo no se está moviendo entonces no hay fuerza actuando sobre él	Watts y Zylbersztajn, 1981, Ioannides y Vosniadou, 2001
Cuando una bala de cañón es lanzada desde la boca del cañón hacia tierra, la bala parece tener una fuerza que la aleja del cañón y la mueve a través del aire.	Watts y Zylbersztajn, 1981
Si una piedra está viajando hacia arriba, entonces la fuerza también tiene que estar viajando hacia arriba.	Watts y Zylbersztajn, 1981
Si dos cuerpos están interactuando para generar un estado de movimiento, uno de ellos tiene que ejercer una fuerza mayor sobre el otro.	Watts y Zylbersztajn, 1981

Las fuerzas son como empujones y jalones.	Twigger y otros, 1994; Palmer y Flanagan, 1996; Ioannides, 2001
Tú necesitas usar una fuerza para darle energía a un cuerpo.	Twigger y otros 1994
Tú necesitas energía para aplicar una fuerza	Twigger y otros, 1994
Objetos moviéndose sin fricción (guijarro en el espacio), podrían permanecer yendo por siempre en el espacio	Twigger y otros, 1994
Un objeto moviéndose sin fricción puede flotar o irá de un lado a otro en el espacio.	Twigger y otros, 1994
Un objeto moviéndose sin fricción puede detenerse eventualmente	Twigger y otros, 1994
Un objeto (piedrita, carro, etc.) moviéndose sobre una superficie con rozamiento, después de un impulso para porque se le acaba la energía o la fuerza.	Twigger y otros, 1994
La fuerza de impulso que actúa sobre un objeto tiene que ser mayor que cualquier fuerza de resistencia, y si ellas fueran iguales entonces el objeto tendría que detenerse.	Twigger y otros, 1994
Para que un objeto aumente su velocidad, es decir, que se acelere, se tendría que aplicar una fuerza que aumente constantemente.	Twigger y otros, 1994
En el movimiento de un proyectil, el movimiento de bajada es más rápido que el de subida.	Twigger y otros, 1994
Cuando una piedra es lanzada verticalmente al aire, la gravedad está presente todo el tiempo, pero en el movimiento de ascenso la fuerza inicial es mayor que la de la gravedad.	Watts y Zylbersztajn, 1981
Si la persona no toca el trampolín entonces no hay fuerza empujándola hacia arriba. El trampolín hace que la persona se empiece a mover, pero ahora se desacelera por la acción de la gravedad	Palmer y Flanagan, 1996
Un objeto moviéndose posee una fuerza dentro de él que lo mantiene en movimiento	Ioannides y Vosniadou, 2001
Si hay movimiento entonces está actuando una fuerza	Ioannides y Vosniadou, 2001

Después de un análisis minucioso de estas ideas previas se encuentra que los alumnos no relacionan el cambio en el estado de movimiento de un objeto con la fuerza que actúa sobre él, no reconocen que la fuerza es una idea que describe la interacción entre objetos y asumen que la fuerza es una propiedad que poseen los cuerpos. Y aunque no usen la palabra Fuerza con su significado científico, las ideas relacionadas con ese término pueden estar próximas a los significados de otros conceptos científicos. Tampoco logran identificar que el movimiento o reposo

de un objeto es el efecto de la suma de las fuerzas que actúan sobre él y confunden magnitudes físicas como velocidad, aceleración, fuerza, potencia y energía, correspondiendo el uso de la palabra Fuerza con la idea de ímpetus, o con los conceptos físicos de cantidad de movimiento y/o energía.

De dicho análisis se pueden encontrar características generales que se encuentran concentradas en la tabla 3 que permitirán inferir el Modelo Cognitivo presente en los estudiantes.

Tabla 3 Características generales de las ideas previas sobre fuerza y movimiento

Característica	Ejemplos de ideas previas
El movimiento constante requiere de una fuerza constante	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para que un cuerpo se mueva con velocidad constante, hace falta un impulso constante. Si no fuerzas el movimiento de algo, no sigue andando. 2. Tú necesitas usar una fuerza para darle energía a un cuerpo. 3. Para que un objeto aumente su velocidad, es decir, que se acelere, se tendría que aplicar una fuerza que aumente constantemente.
Si un cuerpo se mueve, hay una fuerza que actúa sobre él en la dirección del movimiento	<ol style="list-style-type: none"> 4. La dirección de la fuerza es necesariamente la misma que la del movimiento del objeto. 5. La dirección en la que se debería aplicar una fuerza para cambiar la dirección del movimiento de un objeto en 90°, es justamente en la dirección en la cual el objeto debería moverse, es decir, formando un ángulo de 90° con la dirección original. 6. Si una piedra está viajando hacia arriba, entonces la fuerza también tiene que estar viajando hacia arriba. 7. Si hay movimiento entonces está actuando una fuerza
La fuerza es una propiedad de los cuerpos	<ol style="list-style-type: none"> 8. Un globo inflado con hidrógeno asciende rápidamente si se suelta, por la naturaleza del gas que tiene en su interior, que se supone es una fuerza inherente al objeto, puesto que no dispone de ninguna propulsión externa. 9. Si una persona que se desliza por la falda de una colina en un trineo, quisiera seguir moviéndose por la horizontal, tendría que seguir impulsándose, pues de otro modo perdería fuerza hasta detenerse. 10. La fuerza es ascendente cuando una persona lanza una pelota hacia arriba, pues pone toda la fuerza bajo la pelota para moverla; al pararse la pelota en la altura máxima, la fuerza de lanzamiento proporcionada por el sujeto desaparece, de modo que la fuerza de la gravedad atrae la pelota hacia el suelo. 11. Cuando una bala de cañón es lanzada desde la boca del cañón hacia tierra, la bala parece tener una fuerza que la aleja del cañón y la mueve a través del aire. 12. Un objeto (piedrita, carro, etc.) moviéndose sobre una superficie con rozamiento, después de un impulso para porque se le acaba la energía o la fuerza.

	<p>13. Un objeto moviéndose posee una fuerza dentro de él que lo mantiene en movimiento</p> <p>14. Las fuerzas son como empujones y jalones</p> <p>15. Tú necesitas energía para aplicar una fuerza</p>
El movimiento es producido por la mayor masa de las fuerzas. La velocidad es proporcional a la fuerza	<p>16. Si dos cuerpos están interactuando para generar un estado de movimiento, uno de ellos tiene que ejercer una fuerza mayor sobre el otro.</p> <p>17. Objetos moviéndose sin fricción (guijarro en el espacio), podrían permanecer yendo por siempre en el espacio.</p> <p>18. Un objeto moviéndose sin fricción puede flotar o ir de un lado a otro en el espacio</p> <p>19. En el movimiento de un proyectil, el movimiento de bajada es más rápido que el de subida.</p> <p>20. Cuando una piedra es lanzada verticalmente al aire, la gravedad está presente todo el tiempo, pero en el movimiento de ascenso la fuerza inicial es mayor que la de la gravedad.</p> <p>21. Si la persona no toca el trampolín entonces no hay fuerza empujándola hacia arriba. El trampolín hace que la persona se empiece a mover, pero ahora se desacelera por la acción de la gravedad</p>
En el reposo no actúan fuerzas	<p>22. Si un cuerpo no se está moviendo entonces no hay fuerza actuando sobre él.</p> <p>23. La fuerza de impulso que actúa sobre un objeto tiene que ser mayor que cualquier fuerza de resistencia, y si ellas fueran iguales entonces el objeto tendría que detenerse</p> <p>24. Un objeto moviéndose sin fricción puede detenerse eventualmente</p>

3.2 Modelo cognitivo

A partir del análisis de las ideas previas reportadas en la literatura se puede observar que los alumnos piensan que para que haya un movimiento, es necesaria la aplicación de una fuerza; actuando en la misma dirección de éste. Por lo que, sobre cuerpos en reposo, **no** existen fuerzas y los cuerpos poseen una **fuerza inherente** al objeto en movimiento que se **transmite** a otros cuerpos, disipándose a lo largo de todo el movimiento. Siendo mayor para los objetos de mayor masa o cuando su velocidad es mayor. Asimismo, piensan que para que un cuerpo se mueva con **velocidad constante** requiere de una **fuerza constante** y la velocidad del cuerpo en movimiento es proporcional a la fuerza.

Por lo tanto inferimos que los elementos presentes en el modelo de los estudiantes son los objetos, la fuerza y la velocidad. Existe una relación de proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad; en cuanto a su dirección y magnitud. Consecuentemente, en el reposo, la fuerza es nula y al ser constante la fuerza la velocidad es constante. Con base en esto se hace evidente que el Modelo Cognitivo guarda similitud con el modelo aristotélico, en la tabla 3 se presenta los elementos y las relaciones en el Modelo Cognitivo. Una condición necesaria y suficiente para que los estudiantes puedan hablar del movimiento es la aplicación de una fuerza constante, es decir, sin fuerza no hay movimiento.

Tabla 4 Modelo Cognitivo (inferido de las ideas previas reportadas en la literatura)

Elementos	Relaciones	Condiciones
Objetos (pesos) Fuerza Velocidad	Proporcionalidad: entre velocidad y fuerza.(Tanto en magnitud como en dirección) En los cuerpos en reposo no actúan fuerzas	Propiedad Los cuerpos poseen fuerza interna

CAPÍTULO 4

Modelo Científico Erudito

La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y, por regla general pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos.

Albert Einstein

Desde sus inicios, el hombre ha tratado de explicarse los fenómenos que ocurren en su entorno, la gran interrogante o la que probablemente le preocupaba más era si el Sol que veían ocultarse por las noches regresaría o los dejaría sumidos en la más absoluta oscuridad. Ante estos hechos, buscó explicaciones a por qué el Sol se ocultaba por las noches y reaparecía por la mañana, surgiendo así los primeros modelos planetarios. Vivimos en un mundo donde todo se mueve, en donde lo común es el movimiento aunque no podamos percibirlo. En este capítulo se realiza una reseña histórica de los diferentes modelos acerca del movimiento, con el propósito de esbozar el modelo científico erudito.

4.1 Evolución histórica del movimiento de los cuerpos

A lo largo de la historia se han presentado diferentes conceptualizaciones o modelos acerca del movimiento, en esta sección presentaremos las más importantes:

4.1.1 Mecánica Aristotélica

La primera doctrina sobre el movimiento la da Aristóteles (siglo IV a. C.), quien distinguía dos tipos de movimientos: los naturales y los violentos, ambos siempre rectilíneos. Aristóteles sostenía que los cuerpos están compuestos por cuatro elementos (tierra, aire, fuego y agua), cada uno de los cuales posee un lugar en el universo. El movimiento natural, de los cuerpos sería la tendencia de éstos de regresar a su lugar natural según los elementos de los que esté compuesto. Ese movimiento natural, causado por un motor interno, concluye cuando el objeto reposa en su lugar natural. Así la caída de los cuerpos es el producto de la suma de los movimientos naturales de cada uno de los elementos que lo constituyen, razón por la cual los objetos más pesados caen más rápidamente que los más ligeros. El movimiento violento de los cuerpos es causado por un motor externo, que ha de estar en continuo contacto con el cuerpo. Cuando la fuerza de este motor se agota, el objeto inicia su movimiento natural de regreso. Ambos movimientos son rectilíneos y sucesivos por lo que un proyectil en caída, dibuja

primero una trayectoria horizontal y posteriormente vertical formando un ángulo recto.

A pesar de que, actualmente, pueda pareceros que la mecánica aristotélica era muy fácil de falsear empíricamente, prevaleció hasta el siglo XVII. La razón de su supervivencia se encuentra en la coherencia de todo su sistema teórico. Tuvieron que pasar dos mil años para demostrar donde era erróneo, pues era muy difícil elaborar una explicación mejor y más completa. Fue en el siglo XIII cuando surgieron los primeros esbozos de una teoría alternativa con Guillermo de Occam, y que posteriormente sería desarrollada por Buridán con el nombre de teoría de ímpetus. El abandono de la posición aristotélica se debió a la dificultad para explicar los movimientos no naturales una vez que el objeto deja de estar en contacto con el motor inicial. ¿Por qué una bala sigue moviéndose al dejar de estar en contacto con el cañón? La explicación de Aristóteles en términos de presión del aire era insatisfactoria y fue refutada. La explicación alternativa fue que el motor inicial dotaba de un ímpetu que se va consumiendo hasta que el objeto se detiene. Este ímpetu reconocía e interactuaba con otras fuerzas, ya que se reconocía que la gravedad era igual para todos, pero la gravedad dotaba con un ímpetu mayor a los objetos más pesados por lo cual caían más rápido que los más livianos.

4.1.2 Teoría del ímpetus

La teoría del ímpetus representa sólo un leve avance con respecto a la aristotélica. Seguía poniendo atención a la velocidad y no a la aceleración. De la misma manera que la aristotélica carece de la noción de inercia, sostiene que los cuerpos siguen moviéndose en la misma dirección a la que tenían al iniciar su movimiento. En cuanto a la caída de los cuerpos, se consigue un avance parcial pues no consideraba que ésta fuera a darse en un ángulo recto, como se afirmaba en la teoría aristotélica, sino que tendría una forma redondeada; pues aunque sigue manteniendo entre los movimientos sucesivos horizontal y verticalmente,

existiendo un compromiso entre ambos, de manera que la gravedad puede actuar un poco antes de que se agote el ímpetu.

4.1.3 Mecánica Galileana

La teoría aristotélica y la de ímpetus convivieron durante toda la Edad Media, casi tres siglos después, Galileo Galilei dedica la mayor parte de sus obras a rebatir a Aristóteles. Primero refutó de manera experimental el que dos cuerpos de distinto peso caen a diferente velocidad para lo cual utilizó un plano inclinado por el que dejaba caer bolas de diferentes pesos, comprobando que todos los cuerpos caen a la misma velocidad y que ésta aumentaba de manera uniforme. El incremento en la velocidad se debía a la fuerza de gravedad y, de no actuar ésta, los cuerpos seguirían moviéndose indefinidamente manteniendo su velocidad. De esta manera, Galileo enuncia por primera vez el principio de inercia. Posteriormente estudia la trayectoria de los cuerpos en caída, afirmando que en cada punto poseían dos velocidades, una horizontal (constante, debida a la inercia) y otra vertical (en aumento debida a la gravedad). Estas velocidades son independientes y su combinación determina la forma parabólica de caída.

Aunque Galileo da un salto gigantesco en el desarrollo de la mecánica, pues en su trabajo están presentes casi todos los elementos de la mecánica moderna, puede decirse que no extrajo todas las consecuencias que se derivaban de su teoría. Si bien sabía que en ausencia de fuerzas netas actuando sobre un cuerpo, éste mantiene velocidad constante, no se percató de que el movimiento debía ser rectilíneo. Así Galileo incurrió en el mismo error que el de la teoría de ímpetus y fue incapaz de extrapolar sus observaciones a la Astronomía, al concebir el movimiento de los planetas y la caída de los cuerpos como dos fenómenos diferentes.

4.1.4 Mecánica de Descartes

Una aportación importante a la mecánica la da Descartes, quien consideró que hay propiedades que atribuimos a las cosas pero que en realidad son una mera

consecuencia de la constitución física de nuestros sentidos (las cualidades secundarias) y hay otras propiedades que realmente se encuentran en las cosas (propiedades describibles matemáticamente) y de las que cabe, por lo tanto, claridad y distinción. Para Descartes la característica básica de las cosas materiales es la extensión (longitud, anchura y profundidad), que es un rasgo puramente geométrico y cuantitativo, y para las cuales, en el mundo físico todo es consecuencia de los cambios dados con anterioridad (causalidad eficiente) y no de una supuesta causalidad final inscrita en las cosas. La totalidad del mundo material puede tratarse como un sistema mecánico, y no hay necesidad alguna de introducir o considerar otra clase de causas que las eficientes. La causalidad final es una concepción teleológica y no es adecuada para la física. Ello lleva a rechazar la idea aristotélica de la existencia de almas o principios vitales ocultos en los seres vivos, y de formas substanciales en los seres inertes. Afirmaba que los principios puramente cuantitativos, materiales y mecánicos que se utilizan para explicar los seres no vivos sirven también para explicar los seres vivos.

Con sus tesis mecanicistas Descartes intenta fundamentar la física moderna, física que, a diferencia de la aristotélica, es esencialmente matemática. Fue el primero en hablar de leyes de la naturaleza y postuló dos leyes fundamentales: la ley de conservación del movimiento y la ley de la inercia. Ello propició que se establecieran las condiciones para que Newton lograra poner fin a veinte siglos de especulaciones y disputas científicas, al elaborar su sistema del mundo contenido en tres leyes, que constituyen los principios de la mecánica. Estas tres leyes, tal como se conocen actualmente y son:

En la *primera ley* se llega finalmente a una comprensión *cualitativa* satisfactoria de la inercia (tendencia de un objeto a mantener su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta) como propiedad básica inherente a todos los objetos. Se trata de una ley del todo general que destaca el hecho de que un solo esquema es aplicable al movimiento en *cualquier* lugar del universo. Es la primera vez en la historia de la física donde no se hace distinción entre los dominios terrestre y celeste.

En la *segunda ley* se alcanza por fin una explicación de la aceleración y una relación cuantitativa entre inercia y fuerza (Es importante recordar que Newton no expresó esto como $F = ma = m(dv/dt)$ sino esencialmente en la forma $F\Delta t = m\Delta v$, o sea que habló de *cambio de movimiento* (= momento) y lo relacionó con el valor de fuerza por tiempo).

La *tercera ley de Newton* era muy original y completaba su tratamiento general del concepto de fuerza, al explicar que a *toda* fuerza corresponde una réplica idéntica. Como consecuencia resulta que una partícula solitaria no puede por sí sola ejercer ni experimentar fuerza alguna. Las fuerzas surgen *sólo* de la interacción de dos entidades. Se puede llamar a una fuerza *acción* y a la otra *reacción*, pero el nombramiento es arbitrario. Acción y reacción son de igual magnitud, pero de dirección opuesta. Cualquier conexión causal introducida será artificial. Lo más importante es que suceden respectivamente a dos *entidades diferentes*

4.2 Las leyes de Newton

A continuación presentaremos las *Leyes de Newton*. Recurriremos a estas leyes para poder así formular un modelo sobre el movimiento en función de elementos y relaciones, es decir, tomaremos las leyes de Newton como el punto de partida para el desarrollo de la mecánica newtoniana. Antes de enunciar las leyes de Newton debemos discutir algunos conceptos preliminares.

4.2.1 Espacio y tiempo

En la *Mecánica Newtoniana* se supone que las partículas, como también los observadores, “viven” en un espacio euclidiano tridimensional. Eso significa, entre otras cosas, que la suma de los ángulos interiores de cualquier triángulo que imaginemos en este espacio, es siempre 180° . Otra característica de un espacio euclidiano es, por ejemplo, que la suma de dos vectores de desplazamiento es conmutativa.

Para darse cuenta como estos conceptos fracasan cuando el espacio es no-euclidiano, es útil considerar el espacio bidimensional formado por la superficie de

una esfera. Tal espacio es no-euclidiano y en él se presentan varias situaciones curiosas. Por ejemplo, al viajar en línea recta en ese espacio, en algún instante uno vuelve al punto de partida. La suma de los ángulos interiores de un triángulo dibujado sobre tal esfera es mayor a 180° y también la suma de dos vectores es no conmutativa.

El espacio que Newton usa para desarrollar la mecánica no sólo es euclidiano sino que también homogéneo e isótropo. Esto significa que todos los lugares del espacio son equivalentes y que el espacio tiene las mismas propiedades en todas las direcciones.

Para desarrollar la mecánica también es indispensable decir algo sobre el concepto de tiempo.

Newton usó la suposición de que: *“El tiempo matemático, absoluto y verdadero fluye, debido a su propia naturaleza, parejamente y en forma independiente a cualquier agente externo”*.

Si bien la mayoría de las personas sienten simpatía por esta concepción del tiempo, hay que darse cuenta de que desde el punto de vista estrictamente lógico esta concepción es insatisfactoria; ya que sin el concepto tiempo la palabra parejamente no tiene significado.

No es fácil decir algo sobre la noción tiempo que sea mejor o que clarifique lo expresado por Newton, consecuentemente, no intentaremos hacerlo aquí. Más bien apelaremos a nuestra intuición, experiencia y conocimiento sobre lo que es el tiempo: es algo que permea a todo el espacio y avanza en forma homogénea y continua, independiente de la posición, del observador, de la velocidad, independiente de cualquier cosa.

El tiempo se mide usando relojes. Generalmente un reloj posee alguna característica que hace que éste se comporte en forma periódica. Con la suposición de que el tiempo transcurrido entre dos repeticiones es siempre el mismo, podemos usar ese movimiento periódico como reloj. Por ejemplo, el

movimiento rotatorio de la tierra en torno al sol se usa para definir la unidad de tiempo llamada año; el movimiento de la tierra en torno a su propio eje puede usarse para definir día solar. Un péndulo, o una masa colgada de un resorte, también pueden usarse como reloj.

Supongamos que un observador O tiene numerosos relojes idénticos a su disposición, que los ha sincronizado y que tales relojes no modifican su ritmo si se los aleja, cada uno de los demás. De esta manera el observador O puede tener en todos los lugares del espacio relojes sincronizados con el que él posee. Para el observador O , dos eventos que ocurren en lugares distintos, serán simultáneos si los relojes ubicados en los dos lugares marcan la misma hora al ocurrir los eventos. Una consecuencia de la concepción newtoniana del tiempo es que si dos eventos son simultáneos para un observador, también lo serán para todos los demás observadores. En la mecánica newtoniana el concepto simultaneidad tiene una validez absoluta.

Al comenzar con el estudio de la física es difícil argumentar a favor o en contra de esta concepción newtoniana del tiempo. Las experiencias vividas por la gran mayoría de las personas, sugieren aceptar esta concepción como válida (o al menos plausible).

Pasamos a enunciar las leyes de Newton. Sin embargo, deseamos hacer notar desde la partida que las leyes de Newton sólo serán aplicables a fenómenos que usualmente observamos en nuestro mundo macroscópico; no son aplicables ni en el mundo microscópico, ni a fenómenos que ocurren a escalas cosmológicas. En el mundo microscópico las leyes de Newton fracasarán al describir con ellas sistemas en que algunas de las partículas se desplazan a velocidades comparables a la velocidad de la luz.

Presentamos a continuación los postulados fundamentales de la mecánica que Isaac Newton publicó en su libro "Principia" en 1687.

4.2.2 Primera ley de Newton

Enunciando la primera ley de Newton de la manera más cercana posible a como fue desarrollada por Newton:

Primera ley de Newton

Cada cuerpo material persiste en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que una fuerza, que actúa sobre el cuerpo, lo conmine a cambiar de estado.

¿Qué quiere decir realmente esta ley, que se conoce también con el nombre de ley de inercia?

En su redacción aparece la palabra fuerza. Luego para interpretar la ley de inercia, debemos apelar a nuestro conocimiento intuitivo sobre qué es una fuerza. La primera ley entonces establece que cualquier cuerpo material, al que nadie ni nada ejerce una fuerza, se trasladará con una velocidad constante (es decir, se moverá en línea recta con una rapidez uniforme). Si la velocidad es cero, o sea, si el cuerpo está en reposo, continuará en reposo.

Consideremos ahora un observador **S** que observa una partícula sobre la cual no actúan fuerzas. Si el observador **S**, mientras observa, realiza saltos mortales, la partícula no le parecerá estar moviéndose con velocidad constante. Sólo si el sistema de referencia que usa **S** para observar a la partícula satisface ciertas condiciones, el cuerpo se moverá (para **S**) con velocidad constante. O sea, la primera ley de Newton es válida sólo si el movimiento del cuerpo se observa desde ciertos sistemas de referencia bien particulares. Tales sistemas de referencia se llaman inerciales. En otras palabras, la primera ley de Newton en realidad no es otra cosa que la definición de un sistema inercial.

Para enunciar la segunda ley debemos definir previamente el concepto de cantidad de movimiento o momentum de una partícula. El momentum de una partícula es el producto de la masa de la partícula por su velocidad. Como el producto de un escalar (la masa) por un vector (la velocidad), es un vector, el momentum de una partícula es un vector:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

La masa “m” de un cuerpo será una magnitud que es proporcional a su peso, es decir, proporcional al esfuerzo que es necesario realizar para levantarlo o suspenderlo. Si un cuerpo pesa más que otro, se debe a que el primero tiene una masa mayor que el segundo.

Una hipótesis que se hace en la mecánica newtoniana es que la masa de un cuerpo no cambia en un sistema cerrado.

Efectivamente, nuestra experiencia nos muestra que, por ejemplo, si hacemos colisionar dos relojes de manera que ellos se desintegren, la masa de todos los fragmentos y partes seguirá siendo igual a la de los dos relojes originales. Otro ejemplo, al agregarle un litro de agua a un balde de arena seca encontraremos que la arena mojada pesará ahora un kilogramo más que cuando la arena estaba seca. Esta hipótesis, de que la masa de un sistema cerrado no cambia, pareciera estar bien fundamentada por numerosas observaciones.

4.2.3 Segunda ley de Newton

El cambio de momentum $\Delta\mathbf{p}$ de una partícula es proporcional a la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo, como también al intervalo Δt durante el cual ella se aplica, y apunta en la dirección y sentido de esta fuerza, o sea,

$$\Delta\mathbf{p} = \mathbf{F} \Delta t .$$

Como primer comentario es necesario decir que esta ley sólo es válida si la fuerza \mathbf{F} es constante durante el intervalo Δt y si las magnitudes son observadas desde un sistema de referencia inercial.

La segunda ley debemos considerarla como definición del concepto fuerza. Si sobre una partícula actúa una fuerza durante un cierto intervalo de tiempo Δt , necesariamente cambiará su velocidad (y por consiguiente también su momentum). La fuerza media que actúa sobre la partícula durante el intervalo Δt es el cociente entre el cambio de momentum y el intervalo de tiempo:

$$\langle \mathbf{F} \rangle = \Delta \mathbf{p} / \Delta t$$

La fuerza instantánea se obtiene en el límite $\Delta t \rightarrow 0$, o sea, viene dada por

$$\mathbf{F} \equiv d\mathbf{p}/dt .$$

Si la masa de una partícula no varía a medida que transcurre el tiempo, entonces

$$\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt$$

$$= d(m\mathbf{v})/dt$$

$$= m d\mathbf{v}/dt$$

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} .$$

En palabras, la fuerza neta que actúa sobre una partícula es igual al producto de su masa y su aceleración.

Si la masa se mide en kg y la aceleración en (m/s^2) , entonces la fuerza viene dada en Newtons (N). O sea, por definición, en el Sistema Internacional de unidades $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} * 1 \text{ m/s}^2$, es decir si al aplicar una fuerza a un cuerpo cuya masa es de 1 Kilogramo, éste cambia su velocidad en 1m/s cada que transcurra un segundo, entonces se le estará aplicando una fuerza de 1 Newton.

4.2.4 Tercera Ley de Newton

Si un cuerpo “A” ejerce una fuerza sobre otro “B”, entonces este último ejercerá sobre “A” una fuerza de igual magnitud y en la misma dirección, pero en sentido opuesto.

De acuerdo con la tercera ley, una fuerza nunca aparece en forma solitaria, sino que siempre vendrá acompañada de otra fuerza. Es importante señalar que estas fuerzas, denominadas de acción y reacción, actúan siempre sobre objetos diferentes. O sea, la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo no necesariamente tiene que ser nula. Para que sobre un cuerpo pueda actuar una fuerza neta no nula, es necesario que exista al menos un segundo cuerpo.

A pesar de que no se menciona explícitamente, al aplicar la tercera ley se supone que la acción y reacción aparecen en forma simultánea. Como dos cuerpos pueden interactuar a distancia (por ejemplo, a través de la interacción gravitacional), el último comentario implica que en la mecánica newtoniana debe existir una manera de transmitir la información de un cuerpo a otro con una velocidad infinita. En la naturaleza tales velocidades infinitas no existen; hoy en día se establece que la velocidad de la luz en el vacío es un límite superior para las velocidades con que se puede trasladar algo material o información de un lugar a otro. Por esta razón, la tercera ley es generalmente una muy buena aproximación, pero no tiene una validez universal; por ejemplo, en colisiones atómicas no es siempre aplicable.

4.3 Modelo Científico Erudito

De lo expuesto anteriormente, es decir, de los enunciados y las ecuaciones contenidas en las leyes de Newton se puede definir el modelo acerca del movimiento, el cual pretendió explicar el movimiento, mediante entidades tales como sistema de referencia, aceleración, masa, fuerzas y el par de fuerzas acción-reacción. De las relaciones entre estas entidades, por su relación con el modelo escolar, la más importante para nosotros es la segunda ley de Newton, en donde se hace evidente una de las relaciones presentes en el modelo científico, y esta es la relación de *Proporcionalidad* entre la aceleración y la fuerza. En esta ley además se hacen presentes dos de los elementos del modelo: la masa y la aceleración.

En la Primera ley de Newton, se hace evidente la relación de *Equilibrio*, al exigir un equilibrio de fuerzas para que un objeto pueda moverse con velocidad constante. Los elementos que observamos se derivan de esta ley es la cantidad de movimiento, así como las superficies y de aquí se hace presente un sistema de referencia para poder “hablar” del movimiento.

De la tercera ley de Newton se desprende la relación de *Interacción* como ya se mencionó en la sección anterior.

El análisis de las leyes propuestas por Newton hace evidente cuáles son los elementos y las relaciones presentes en el Modelo Científico Erudito, debido a su complejidad y amplitud, es probable que no se considere alguna relación que sí esté presente en el modelo, pero para los propósitos de este trabajo- el acercar los modelos de los estudiantes a modelos más parecidos a los científicos-, bastará con los elementos y las relaciones presentes en la Tabla 1. Se considerarán además las condiciones que se derivan de este modelo para que pueda hablarse del movimiento. En la Tabla 1 se presentan los elementos, las relaciones y condiciones del Modelo Científico Erudito.

Tabla 1. Elementos, Relaciones y Condiciones del Modelo Científico Erudito

Elementos	Relaciones	Condiciones
Cuerpos(masas) Superficies Aceleración Cantidad de movimiento	Interacción (en contacto o a distancia) Cambio Equilibrio Proporcionalidad entre la intensidad de la interacción (fuerza) y la aceleración, tanto en magnitud como en dirección	Intervalos de tiempo Masas constantes Sistemas de referencia (estado de movimiento o de reposo) Velocidades no relativistas

CAPÍTULO 5

Modelo Científico Curricular sobre fuerza y movimiento

No es posible el desarrollo de un currículum sin el desarrollo del profesor.

Lawrence Stenhouse

En este capítulo se infiere el modelo curricular a partir de analizar los aprendizajes esperados establecidos en los planes y programas de la SEP (2006). Como ya se mencionó anteriormente la enseñanza de las ciencias en México y en muchas partes del mundo, se ha caracterizado por ser mayoritariamente receptiva y memorística, centrada en la adquisición de conocimientos ya formulados por la ciencia como conceptos y leyes. El papel que juega el alumno es el de receptáculo de conocimiento, por la que el profesor cumple la función de llenar el “bote vacío” que presenta su mente.

En las clases de ciencias es común encontrar manuales de prácticas de laboratorio cuyo único fin es el de demostrar teorías ya establecidas, siguiendo fielmente el llamado “método científico”. En 1993, con la Ley General de Educación, se declaró a la educación secundaria como obligatoria y pretendió brindar a todos los habitantes las mismas oportunidades y desarrollar en los alumnos actitudes, habilidades y destrezas para integrarse a una sociedad en cambio permanente. Ello permitió un primer avance en la renovación de la enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, después de 13 años de iniciada la reforma, los resultados de diferentes evaluaciones no evidencian los logros esperados. El exceso de contenidos no ha permitido que los maestros apliquen los enfoques propuestos; la atomización de los contenidos no ha facilitado su integración deseada; no se ha logrado motivar suficientemente a los alumnos a aprender y a realizar con agrado su trabajo escolar (SEB/SEP, 2006).

La SEP (2006) señala que aunque la reforma de 1993 representó un gran avance, el exceso de contenidos propició que las clases siguieran siendo expositivas, olvidándose del carácter formativo de las ciencias. Por ello se planteó la reforma de 2006, la cual aunque “mantiene las mismas orientaciones, las enriquece con los avances de la investigación en diversos aspectos psicopedagógicos,

epistemológicos y sociales, así como con la experiencia recabada en la práctica docente” (SEB, SEP, 2006).

5.1 Plan de estudios 2006. Reforma de Educación Secundaria 2006

Entre las propuestas de cambio de la reforma a la educación secundaria destacan: la articulación de la secundaria a un ciclo formativo básico y general; centrar la formación de los alumnos en las competencias para saber, saber hacer y ser; ofrecer las mismas oportunidades a todos los alumnos. Dentro de las orientaciones didácticas se incluyen: la incorporación de los conocimientos previos de los alumnos; promover el trabajo colaborativo en la construcción del conocimiento; la selección adecuada de materiales, el impulso al aprendizaje autónomo y la evaluación, entre otros.

El enfoque pedagógico para la formación científica considera que el alumno es el centro de la enseñanza, el propio constructor de su conocimiento, así el papel del profesor se redimensiona, deja de ser simple expositor y es visto más como un mediador del conocimiento y que promueve el uso de recursos didácticos, estrategias e instrumentos de evaluación. De esta manera, la visión de la naturaleza de la ciencia también se modifica promoviéndose una visión humana de la ciencia y de la actividad científica. Por último, el enfoque es formativo pues privilegia el desarrollo integral de conocimientos, habilidades favoreciendo la relación de la ciencia con tecnología y sociedad.

Este enfoque, propuesto en la reforma mencionada presenta coincidencias con los planteamientos de ciencia escolar postulados por Izquierdo *et al*(1999), Si el alumno es el propio constructor de su conocimiento y es necesario tener en cuenta las ideas de los alumnos, para lograr acercar los conocimientos de los estudiantes a los conocimientos de los científicos, es necesario diseñar otras formas de enseñanza como lo es la modelización mencionados en los planteamientos de Izquierdo *et al*(1999).

5.1.1 Programa de Ciencias II (énfasis en Física)

Los programas de ciencias para la educación secundaria (2006) se dividen en los tres años que la conforman: en un curso inicial *Ciencias I*, en donde se estudian principalmente los fenómenos naturales asociados al cuerpo humano y la salud, seres vivos y el ambiente; en *Ciencias II* (segundo), se abordan fundamentalmente aspectos asociados al cambio y a las interacciones en los fenómenos físicos; y en *Ciencias III* (tercero), su estudio se centra en los procesos químicos. Para cada uno de estos cursos se plantean contenidos conceptuales y de desarrollo cognitivo divididos en cinco bloques que a su vez estarán divididos en temas y subtemas. En el curso de Ciencias II (énfasis en Física) se encuentra el movimiento, que es tratado en los bloques I y II.

5.1.1.1 Bloques relacionados con el movimiento.

En el bloque I, los elementos considerados para la representación de los fenómenos físicos son descriptivos, salvo el tema 2, “El trabajo de Galileo. Una aportación importante para la ciencia”, en donde se aborda el cambio de velocidad, presente en algunos tipos de movimiento que me permite obtener elementos para la elaboración de la estrategia didáctica presentada en este documento.

De igual manera, el bloque II, en donde los elementos son las relaciones y sentido de mecanismo, se considera para la elaboración de la estrategia didáctica. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. *Programas de estudio 2006.*México.

BLOQUE	PROPOSITO	TEMAS
I. El movimiento. La descripción de los cambios en la	El este bloque se propone continuar con el desarrollo de habilidades propias del pensamiento científico y el acercamiento a los procesos de construcción de conocimientos de la ciencia, que se iniciaron en cursos anteriores. Particularmente interesa iniciar a los alumnos en los procesos de construcción y generalización de los	1. La percepción del movimiento 2. El trabajo de Galileo: una aportación importante para la ciencia 3. Proyecto: Investigar: imaginar, diseñar y

naturaleza	conceptos físicos a partir del estudio del movimiento.	experimentar para explicar o innovar
II. Las fuerzas Las explicaciones de los cambios.	En este bloque se propone avanzar en el desarrollo de las habilidades del pensamiento científico vinculadas con el análisis y la explicación causal de los cambios físicos, particularmente de aquellos estudiados en el bloque anterior [movimiento]. Para ello se hace uso de la idea de fuerza, de distinta naturaleza, para analizar las interacciones entre objetos y se asocian con las causas que producen cambios; después se introduce la idea de energía. Este último es uno de los conceptos que contribuirán a dar al alumno una visión integral de la Física, desde el punto de vista de la configuración de los sistemas físicos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. El cambio como resultado de las interacciones entre objetos. 2. Una explicación del cambio: la idea de fuerza. 3. La energía: una idea fructífera alternativa a la fuerza. 4. Las interacciones eléctrica y magnética. 5. Proyecto: investigar: imaginar, diseñar y experimentar para explicar.

El tema 2 “El trabajo de Galileo” del bloque I y los temas 1 “El cambio como resultado de las interacciones entre objetos” y 2 “Una explicación del cambio: la idea de fuerza”, se subdividen en subtemas; de los cuales sólo se presentan en la tabla 2 aquellos que hacen mayor referencia al fenómeno de movimiento y serán útiles para la identificación del modelo curricular y por tanto relacionados para la elaboración de la estrategia.

Tabla 2. Subtemas de Bloques I y II. Programas de estudio 2006. México, D. F.: SEP

Bloque I. El movimiento. La descripción de los cambios en la naturaleza	
Tema 2. El trabajo de Galileo	<p>2.2 ¿Cómo es el movimiento cuando la velocidad cambia?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experiencias alrededor de movimientos en los que la velocidad cambia. • Aceleración como razón de cambio de la velocidad en el tiempo. • Aceleración en gráficas velocidad-tiempo
Bloque II. Las fuerzas. La explicación de los cambios.	
Tema 1. El cambio como resultado de las interacciones entre objetos	<p>1.1 ¿Cómo se pueden producir cambios? El cambio y las interacciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experiencias alrededor de fenómenos de interacción por contacto y a distancia • La idea de fuerza en la cotidianeidad.
Tema 2. Una explicación del cambio. La idea de	<p>2.1. La idea de fuerza: el resultado de las interacciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • El concepto de fuerza como descriptor de las interacciones.

fuerza

- La dirección de la fuerza y la dirección del movimiento.
 - Suma de fuerzas.
 - Reposo.
-

5.1.1.2. Aprendizajes Esperados

Los aprendizajes esperados por el alumno en los temas citados en la tabla 2, según lo señala el programa de estudio 2006 Ciencias II (SEB/SEP, 2006), se presentan a continuación son los siguientes:

1. Identifica la proporcionalidad en la relación velocidad-tiempo
2. **Establece la diferencia entre velocidad y aceleración.**
3. Analiza algunos efectos de la interacción entre objetos, tales como el movimiento, la deformación, la atracción y la repulsión eléctrica y magnética.
4. **Identifica los agentes y las acciones necesarias para cambiar el estado de movimiento o de reposo de diversos objetos.**
5. Plantea hipótesis para explicar la causa de los cambios observados.
6. Compara cualitativamente la magnitud de la interacción a partir de sus efectos en los objetos.
7. Reconoce que en el uso cotidiano el concepto de fuerza tiene distintos significados
8. **Relaciona el cambio en el estado de movimiento de un objeto con la fuerza que actúa sobre él.**
9. **Infiere la dirección del movimiento con base en la dirección de la fuerza e identifica que en algunos casos no tienen el mismo sentido.**
10. **Reconoce que la fuerza es una idea que describe la interacción entre objetos, pero no es una propiedad de los mismos.**
11. Analiza y explica situaciones cotidianas utilizando correctamente la noción de fuerza.
12. **Identifica que el movimiento o reposo de un objeto es el efecto de la suma (resta) de todas las fuerzas que actúan sobre él.**

13. Obtiene la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo y describe el movimiento asociado con dicha fuerza.
14. Relaciona el estado de reposo de un objeto con el equilibrio de fuerzas actuantes sobre él y lo representa en diagramas.

No todos los aprendizajes postulados por el programa de estudios tienen incidencia directa para cumplir el propósito de acercar los modelos iniciales de los estudiantes a modelos científicos, por lo que se resaltaron aquellos que están más estrechamente relacionados con la intención de este trabajo, aunque todos son importantes. Por ejemplo, un inconveniente para que los alumnos no desarrollen una idea cercana al concepto de fuerza, son las diferentes connotaciones que ésta tiene en el contexto de la vida cotidiana.

5.3 Modelo Curricular

A partir del análisis de los aprendizajes esperados en el programa de ciencias se puede vislumbrar lo que sería el modelo curricular. En los aprendizajes esperados se pretende que los alumnos conciban la fuerza, no como un ente que poseen los cuerpos que puede ser transmitido a otros, sino como una idea, que describe la interacción entre cuerpos, que además requiere de establecer magnitud, dirección y sentido. Aun cuando el primer bloque del programa de estudios introduce el cambio en la velocidad en el tiempo (sólo se habla de “cambios”) y como consecuencia de ello, la asociación de una aceleración. Ésta no es introducida explícitamente en el bloque II, con lo que se pudiera propiciar la idea de que la fuerza **no** es directamente proporcional a la velocidad, sino a la aceleración. Introduce el concepto de cantidad de movimiento al establecer el estado de movimiento y reposo, como una magnitud que depende de la velocidad y de la masa del cuerpo y sólo puede ser modificado con la aplicación de fuerzas no equilibradas; por lo tanto en el reposo pueden existir fuerzas, pero éstas, están equilibradas. Así la dirección del movimiento de un cuerpo no necesariamente es la misma que la dirección de la fuerza, sino que el movimiento será el resultado de todas las fuerzas que sobre él actúen.

Tabla 3 Elementos, relaciones y condiciones del Modelo Curricular

Elementos	Relaciones	Condiciones
Objetos (masas) velocidad Aceleración Tiempo	Equilibrio Interacción. La fuerza es una idea que describe la interacción entre cuerpos Proporcionalidad. Entre la intensidad de la interacción entre los cuerpos (fuerza) y la aceleración, tanto en dirección como en magnitud	Sistemas de referencia (estado de movimiento o de reposo) Masas constantes Velocidades no relativistas

CAPÍTULO 6

Estrategia Didáctica

La mejor estructura no garantiza los resultados ni el rendimiento. Pero la estructura equivocada es una garantía de fracaso.

Peter Drucker

En este capítulo se aborda el diseño de la estrategia didáctica fundamentada en la modelización. Para lo cual se sigue la propuesta de modelización de López- Mota (2011), y es acorde con la evaluación formativa, razón por la que se presentarán primero estos dos aspectos.

6.1 Modelo Científico Escolar de Arribo

A partir del análisis de las ideas previas reportadas en la literatura, fue posible obtener el *modelo cognitivo* de los estudiantes. De igual manera, del análisis de los planes y programas de la SEP (2006), específicamente del análisis de los aprendizajes esperados se obtuvo el *modelo curricular*, y finalmente del análisis de la literatura sobre mecánica newtoniana se obtiene el *modelo científico erudito*. Al contrastar dichos modelos, y esto es, identificando los elementos que cada uno posee, las relaciones entre los elementos, así como las condiciones bajo las cuales es posible se presente el fenómeno de movimiento fue posible obtener el *modelo científico escolar de arribo* (fig. 1).

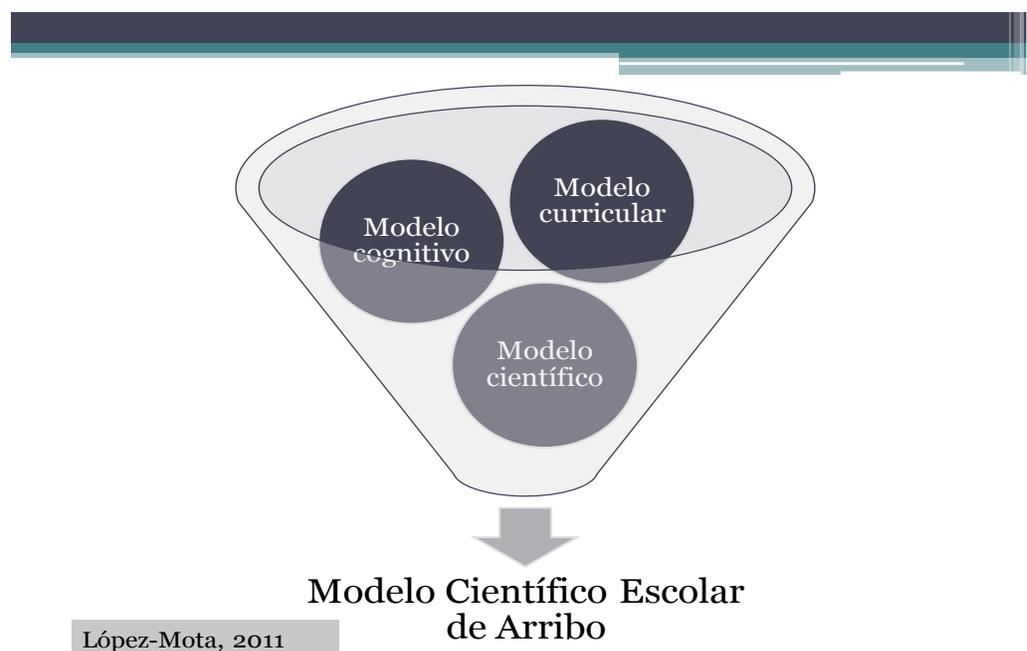


Figura 1. Construcción del Modelo Científico Escolar de Arribo (López- Mota, 2011)

La comparación de los elementos, relaciones y las condiciones de los tres modelos que permiten construir el Modelo Científico Escolar de Arribo se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1 Elementos, Relaciones y Condiciones de los Modelos Cognitivo, Curricular y Científico Erudito			
Modelo	Elementos	Relaciones	Condiciones
Cognitivo	Objetos (pesos) Fuerza Velocidad	Proporcionalidad: entre velocidad y fuerza. (Tanto en magnitud como en dirección) En los cuerpos en reposo no actúan fuerzas	Propiedad: Los cuerpos poseen fuerza interna
Curricular	Objetos (masas) velocidad Aceleración Tiempo	Equilibrio Interacción. La fuerza es una idea que describe la interacción entre cuerpos (fricción) Proporcionalidad. Entre la intensidad de la interacción entre los cuerpos (fuerza) y la aceleración, tanto en dirección como en magnitud	Sistemas de referencia (estado de movimiento o de reposo) Masas constantes Velocidades no relativistas
Científico	Cuerpos (masas) Superficies Aceleración Cantidad de movimiento	Interacción (en contacto o a distancia) Cambio Equilibrio Proporcionalidad entre la intensidad de la interacción entre los cuerpos (fuerza) y la aceleración, tanto en dirección como en magnitud.	Intervalos de tiempo Masas constantes Sistemas de referencia (estado de movimiento o de reposo) Velocidades no relativistas

La contrastación entre estos tres modelos (Tabla 1) hizo evidente que en el modelo cognitivo la fuerza es considerada un elemento, mientras que en los modelos curricular y científico aquella es considerada como la manifestación de la interacción entre cuerpos, es decir la fuerza es considerada una relación que se da como producto de la interacción entre cuerpos. Asimismo, en el modelo cognitivo la fuerza es considerada como una condición para que el movimiento pueda llevarse a cabo, si no hay fuerza aplicada, no hay movimiento, es decir ésta es considerada como una propiedad intrínseca de cada cuerpo. Un elemento que

aparece tanto en el modelo científico erudito como en el modelo curricular es la aceleración, mientras que en el modelo cognitivo el elemento que aparece es la velocidad.

Por otro lado, para los alumnos existe una relación de proporcionalidad entre la velocidad y la fuerza. Sin embargo, tanto en el modelo erudito como en el curricular, la proporcionalidad está entre la aceleración y la fuerza para el cambio de movimiento a reposo o de éste a movimiento de un cuerpo. En el modelo cognitivo no existe equilibrio entre las fuerzas, específicamente para dar una explicación del reposo en términos de equilibrio de fuerzas. De hecho los alumnos no consideran que pueda actuar más de una fuerza sobre un cuerpo y por lo tanto no identifican, o no tiene sentido para ellos el equilibrio de fuerzas. En cuanto a las condiciones, tanto en el modelo científico erudito como en el modelo curricular aparecen los sistemas de referencia para que pueda hablarse del fenómeno de movimiento. Por lo tanto consideramos que los elementos, relaciones y condiciones presentes en el modelo científico escolar de arriba deben ser las mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2. Elementos, relaciones y condiciones del Modelo Científico Escolar de Arribo

Elementos	Relaciones	Condiciones
Objetos (masas)	Equilibrio	Sistemas de referencia (estado de movimiento o de reposo)
Velocidad	Interacción. La fuerza es una idea que describe la interacción entre cuerpos.	Intervalos de tiempo
Aceleración		
Superficies	Proporcionalidad entre la intensidad de la interacción entre los cuerpos (fuerza) y la aceleración, tanto en dirección como en magnitud	Masas constantes

6.2 Evaluación

De acuerdo con Sanmartí (2002) la enseñanza se concreta al diseño de Unidades Didácticas orientadas al aprendizaje de unos contenidos por parte de los alumnos, que forman parte de un contexto y tienen características específicas

López- Mota (2002) define una estrategia didáctica como

....todas aquellas maneras de proceder docente- etapas o fases seguidas de una secuencia de enseñanza-, fundamentadas –es decir, sustentadas en desarrollos teóricos- y validadas –puestas en práctica y valoradas desde el punto de vistas de los resultados obtenidos-, para temáticas contenidas en distintas disciplinas de enseñanza –biología, física y química.

Con base en los fundamentos de la Epistemología de la Ciencia y su aprendizaje, es importante diseñar la enseñanza como un proceso a través del cual los modelos iniciales de los estudiantes puedan ir evolucionando hacia modelos cada vez más parecidos a los científicos.

El enseñar y aprender es un proceso de regulación continua de los aprendizajes. Es una regulación de la enseñanza, porque al evaluar y detectar necesidades y dificultades de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, el profesor realiza una adecuación de los procedimientos utilizados y es continua porque no se da en un solo momento específico de la enseñanza, sino que debe ser permanente. Dicha regulación no se da únicamente por parte del profesor, sino que también el alumno debe aprender a autoevaluarse y autorregularse, con el objetivo de que, poco a poco, construya un sistema propio y autónomo para aprender, y lo mejore progresivamente.

La evaluación es vista como un proceso de regulación y por tanto ésta no puede darse sólo al final de proceso de aprendizaje, ya que en ese momento la regulación no tiene lugar de ser o se ve reducida al mínimo. Es normal encontrarse con estudiantes que no hayan aprendido lo que se espera, y que una gran mayoría de ellos se desanimen cuando reconocen los muchos aspectos en los que debe mejorar. Por ello, es importante integrar la evaluación en todo el

proceso de enseñanza, con la finalidad de detectar las dificultades del alumnado en el momento en que aparezcan.

Evaluar consiste en conocer la estrategia utilizada por el alumno en la resolución de una determinada tarea y llegar a comprender las causas de sus dificultades, con el fin de ayudar a superarlas. En este sentido, los errores son normales en el proceso de aprendizaje, y para aprender es necesario manifestarlos y superarlos. Para lo cual, será necesario dejar que sea el propio alumno quien reconozca sus aciertos y dificultades, y apoyar mediante intervenciones docentes, así como motivar a sus compañeros a intervenir para ayudarles en este proceso evaluativo.

La propuesta de evaluación formativa se fundamenta en el enfoque de evaluación para el aprendizaje (Shepard, 2006). Bajo este enfoque, la evaluación se fundamenta en los siguientes principios:

- Es parte intrínseca de la enseñanza y del aprendizaje.
- Requiere que los profesores compartan con sus alumnos los logros de aprendizaje que se esperan de ellos.
- Ayuda a los estudiantes a saber y conocer los estándares que se deben lograr.
- Involucra a los alumnos en su propia evaluación.
- Proporciona retroalimentación que indica a los estudiantes lo que tienen que hacer, paso por paso, para mejorar su desempeño.
- Sugiere que cada alumno es capaz de mejorar su desempeño.
- Involucra tanto a docentes como a alumnos en el análisis y reflexión sobre los datos arrojados por la evaluación.

De acuerdo con este enfoque es necesario pensar en actividades de evaluación integradas totalmente en el proceso de aprendizaje. Es necesario adaptar la calificación a las características individuales de cada alumno, sin olvidar la distinción entre, por un lado, la evaluación del progreso de cada alumno y, por el otro, la de su capacidad para cursar sin dificultades insuperables estudios de otros niveles.

Una vez identificado el modelo científico escolar de arriba y los fundamentos presentes en la evaluación, procederemos al diseño de una estrategia didáctica para la construcción de un modelo científico escolar sobre movimiento; la que aplicada a un grupo de alumnos de segundo grado de secundaria, pudiera dar cuenta de las bondades de recurrir a sustentos como el constructivismo y la modelización para favorecer el aprendizaje de las ciencias.

6.3 Criterios para el diseño de la estrategia didáctica

Los criterios que se tomaron en cuenta para el diseño de la estrategia didáctica, se elaboraron a partir de identificar los elementos que deben estar presentes en la estrategia didáctica. Dichos elementos son a) identificar un fenómeno, b) tomar en cuenta las ideas previas de los estudiantes en la forma de su modelo cognitivo, c) postular el modelo científico escolar de arriba y d) incorporar la evaluación formativa en el desarrollo de dicha estrategia didáctica, en donde la modelización será un elemento presente durante toda la estrategia. Es decir la estrategia didáctica deberá estar enfocada sobre un fenómeno en particular, que en este caso es el movimiento. Y al estar circunscrita en el constructivismo, deberá considerar las ideas previas de los estudiantes. Se pretende que los estudiantes, tomando como punto de partida su modelo inicial, alcancen el modelo científico escolar de arriba vía, la modelización. Por último, la estrategia didáctica deberá permitir la evaluación de los aprendizajes logrados. Estos criterios sirven para saber cómo proceder respecto a una propuesta de intervención didáctica, como es este caso.

De esta manera, los **criterios teóricos** para el diseño de la estrategia didáctica consisten en:

- Construir, por parte del estudiante, su propio conocimiento.
- Sustentar el diseño de la estrategia didáctica en la modelización, con el propósito de que los estudiantes puedan pensar, hablar y actuar sobre un fenómeno en cuestión, que en este caso es el movimiento.

- Retomar las ideas previas de los estudiantes de la secundaria a la que va dirigida esta estrategia.
- Organizar en fases la estrategia didáctica: una de inicio, una fase de desarrollo y finalmente una fase de cierre, que permita nuclear, de acuerdo con el propósito de cada una de ellas, series de actividades de aprendizaje y darles una estructura. Estas actividades se dividirán de acuerdo con Sanmartí (2002) en actividades de exploración, introducción de nuevos puntos de vista para la modelización, síntesis y por último de aplicación y generalización.

Y los **criterios metodológicos** para el diseño de la estrategia didáctica son:

- Contrastar el modelo cognitivo inferido de las ideas previas reportadas en la literatura con el modelo construido por los estudiantes.
- Realizar actividades experimentales que permitan identificar los elementos y las relaciones presentes en los modelos construidos por los estudiantes.
- Desarrollar la intervención didáctica en condiciones “normales” de clase, es decir, no requerir de dispositivos difíciles de construir o de materiales y/o sustancias difíciles de conseguir por el docente o por los alumnos; con el propósito de que las actividades respondan a los intereses de los estudiantes.
- Interactuar, profesor y estudiantes, a manera de que existan procesos de regulación y metacognición.
- Evaluar el aprendizaje de los alumnos, para verificar qué tanto se acercan los modelos construidos por los estudiantes al modelo científico escolar de arriba, y de igual manera, a evaluar la estrategia en su conjunto.
- Transferir los modelos construidos en clase a situaciones diferentes a las vistas en ella.
- Tomar como referente el Tema 2 del Bloque II del Programa de Estudio 2006, Ciencias II, para asegurar un anclaje temático con dicho programa vigente para el nivel educativo secundario.

6.3.1 Estructura de la Estrategia Didáctica

La estrategia didáctica está organizada en fases -inicio, desarrollo y cierre- de acuerdo con la secuenciación de unidades didácticas propuestas por Sanmartí (2002), que incluyen actividades de exploración, de introducción de nuevos puntos de vista para la modelización, de síntesis y de aplicación y generalización de los modelos construidos.

En las **actividades de exploración** se plantean situaciones concretas y cercanas a los intereses de los alumnos, así como socialmente relevantes. Con este tipo de actividades se pretende conocer las ideas previas que los estudiantes tienen acerca del fenómeno del movimiento-al evidenciarlas en el inicio de estrategia didáctica-, así como el que los estudiantes se hagan una representación inicial.

Las subsiguientes actividades, pretender ser parte del proceso medular de la estrategia didáctica, en las que los estudiantes realizan una serie de actividades experimentales que permitan la construcción y evolución de modelos para comprender y explicar el fenómeno de movimiento. Para ello, se realizan actividades que introduzcan nuevos puntos de vista, así como de síntesis, que posibilitan la confrontación de las ideas de los alumnos, y el uso de analogías y de estrategias metacognitivas.

Con las actividades de **Introducción nuevos puntos de vista** se pretende favorecer que el estudiante pueda construir ideas coherentes con las aceptadas por la ciencia. Estas ideas configuran modelos de ciencia escolar, que pueden ir evolucionando a lo largo de su formación académica. En estas actividades se introducen elementos presentes en el modelo científico escolar de arriba que no estaban presentes en el modelo inicial de los estudiantes

Las actividades de **Síntesis** tienen como propósito que los estudiantes tomen conciencia del modelo construido y sean capaces de expresarlo de la forma más abstracta posible.

En todas las fases y, en especial en la de cierre, se evalúa el aprendizaje de los alumnos. Es decir, si se llevó a cabo, por parte de los estudiantes, la construcción y posible transformación de modelos científicos escolares respecto del fenómeno de movimiento. Para ello, se diseña y aplica un instrumento que nos dé evidencias de esta transformación, al lograr transferirla a situaciones diferentes a las planteadas en el salón de clases, es decir se realizan actividades de aplicación y generalización de los modelos construidos en clase.

Con las actividades de **Aplicación y Generalización** se pretende ampliar el campo de situaciones y fenómenos que se pueden explicar con el modelo construido inicialmente y así favorecer su evolución.

Bajo esta secuenciación para las actividades didácticas se procedió a pilotear la estrategia con el propósito de detectar dificultades y calibrar la idoneidad o no de las actividades propuestas.

6.3.2 Resultados del Pilotaje de la Estrategia Didáctica

La estrategia fue piloteada en la Secundaria 266 “TEOTIHUACAN” turno matutino ubicada en el Distrito Federal, dentro de una de las colonias de Iztapalapa, a las faldas del Cerro de la Estrella. En torno a ella existen dos bandas rivales: una de ellas, la de “Los Chozos” (por las chozas de los invasores) integrada por niños y jóvenes de 8 a 20 años, adictos a distintos tipos de drogas; la otra, la de “Los Pepes” (por los pepenadores), integrada por personas de las mismas edades pero con la posesión de armas de fuego, se dedican al robo de autos y al asalto de transeúntes. La escuela forma parte de la disputa territorial entre estas dos bandas.

En este ambiente nacen y crecen los alumnos de la Secundaria 266. Chicos que conviven con delincuentes, enfrentando problemas día con día, aprendiendo que para sobrevivir es necesario involucrarse y formar parte de los hechos diarios que hacen de su entorno uno de los más temidos. Alumnos que desde pequeños saben lo que es la desintegración familiar, el descuido, los asesinatos, los robos, etc.

Muchos de estos problemas permean y se llevan a la escuela traduciéndose en: riñas constantes, amenazas; intimidaciones, inicio de adicciones, embarazos prematuros e intento de suicidio entre otros, teniendo como consecuencia un bajo rendimiento escolar y alto índice de deserción escolar. En este contexto se piloteó la estrategia didáctica aplicándose en el grupo 2°C integrado por 32 alumnos (14 hombres y 18 mujeres).

A partir del pilotaje se vio la necesidad de introducir nuevas preguntas en todas las actividades que propiciaran la discusión, con el propósito de que orientaran las discusiones entre los equipos. Así como la de presentar un video en la fase de exploración, posterior a la aplicación del cuestionario; que permitiera tener en consideración los sistemas de referencia para la explicación del movimiento. Y finalmente, la incorporación de un fragmento de la lectura *¿qué es la ciencia?*, de Richard Feynman, en la segunda sesión correspondiente a la fase de exploración. La presentación de un “folleto” publicitario con el propósito de que incorporaran a su vocabulario el concepto de aceleración, pues aunque no es el propósito de este trabajo, se encontró que este término es utilizado cotidianamente como sinónimo de rapidez.

Con base en el pilotaje la estrategia didáctica se resume en la tabla 3

Fase	Propósitos	Actividades	Sesiones
Exploración	Evocación de ideas previas sobre fuerza y movimiento. Construcción de la primera representación del movimiento	Cuestionario, actividad experimental. Presentación del video “Marcos de referencia” Experimentación con cuerpos en movimiento, para posteriormente realizar una discusión. Discusión en equipos a las repuestas del cuestionario y de la actividad experimental.	2
Introducción a	Incorporar elementos presentes en el modelo científico	Actividad experimental que incluya la toma de conciencia de diferentes tipos de	

nuevos puntos de vista	escolar de arriba y que no se encuentran en el modelo cognitivo (inferido de las ideas previas sobre fuerza y movimiento reportadas en la literatura), fricción y aceleración, con el propósito de introducir el modelo de Interacción.	movimiento.	3
Síntesis	Con los elementos incorporados construir un modelo	Actividad experimental que permita explicar las causas y efectos del movimiento, a su vez que la fuerza es proporcional a la aceleración	2
Generalización	Aplicación del modelo construido en otras situaciones distintas a las vistas en clase	Utilización del modelo construido para explicar el despegue de un cohete espacial y su movimiento en el espacio	1

La estrategia didáctica se aplicó nuevamente en la secundaria Diurna 266 “Teotihuacán “ turno matutino en el grupo 2°D integrado por 30 alumnos (13 hombres y 17 mujeres)

6.4 Descripción de las actividades

A continuación se presenta una descripción de las actividades que realizaron los estudiantes en cada una de las sesiones que conforman la estrategia didáctica.

6.4.1 Fase de Inicio. Exploración

Esta fase contiene Actividades de exploración y tiene como propósitos evocar las ideas previas de los estudiantes para así poder inferir de ellas la representación inicial con la que cuentan los estudiantes a la que va dirigida esta estrategia. En la Tabla 4 se detallan las actividades de exploración.

Tabla 4 Actividades de exploración

Actividad	Finalidad	Evaluación
Cuestionario	Evocación de ideas previas	
Discusión en equipos (respuestas al cuestionario)	acerca de fuerza y movimiento.	Respuestas a las preguntas del cuestionario
Presentación del video “Marcos de referencia”	Incorporación del concepto sistemas de referencia	Respuestas a la actividad Definición del movimiento
Lectura del fragmento <i>¿Qué es la ciencia?</i>	Incorporación del concepto inercia	
Actividad experimental (Act. 1) Discusión entre equipos (las respuestas a la actividad)	Construcción de la primera representación del movimiento (modelo inicial)	

Dichas actividades se llevaron a cabo en las primeras dos sesiones y se describe a continuación el desarrollo de éstas:

PRIMERA SESIÓN

En la primera sesión se aplicó el cuestionario (Anexo 1) de manera individual para posteriormente discutirlo en equipos de tres o cuatro personas. Con ello se trata de evocar las ideas previas, sobre fuerza y movimiento, que poseen los estudiantes a los que va dirigida esta estrategia, y de esta manera inferir el modelo inicial de los estudiantes. En el Bloque I del programa de estudios (2006) ya manejan sistemas de referencia, aunque no se explicita tales en el Bloque II, los sistemas de referencia son una condición absolutamente necesaria para definir el movimiento- con respecto a qué se mueven los cuerpos, o con respecto a qué están en reposo los cuerpos-. Con base en las respuestas a las preguntas del cuestionario se llevó a cabo una discusión en equipo, con el propósito de evidenciar las representaciones de los alumnos sobre el movimiento. Para poder llevar a cabo la discusión se le plantearon a cada equipo las preguntas enlistadas

en el Anexo 1-bis. Para poder guiar la discusión referente a las tres últimas preguntas se presentó previamente el Video de la colección SEC 21 (ILCE, UPN): MARCOS DE REFERENCIA. Una vez terminada la discusión acerca de las preguntas del cuestionario se les pidió que en equipo construyeran una definición de movimiento.

SEGUNDA SESIÓN

En esta sesión se realizó una actividad experimental (Anexo 2) por equipos de tres integrantes cada uno. Dicha actividad consta, a su vez, de dos actividades, en la primera se ejerció una fuerza a un carro en reposo y se les preguntó a los alumnos qué había ocurrido y cuál era la razón de esto. En la segunda actividad se colocó una canica sobre un carro y se le aplicó una fuerza al mismo, pidiéndoles a los alumnos que explicaran qué pasaba y por qué. Con base en las respuestas a las preguntas de la actividad experimental se llevó a cabo una discusión en equipo, con el propósito de obtener evidencia de sus representaciones sobre el movimiento. Para poder realizar una evaluación en este momento de la estrategia didáctica, ya que el propósito es únicamente evocar las ideas previas de los estudiantes para que construyan su primera representación de movimiento, tiene que ir más en términos de actitud hacia el trabajo de grupo y de que sean capaces de comunicar estas primeras explicaciones: Así se propició, en primer lugar, la regulación de conocimiento y la capacidad expresión de sus puntos de vista. En segundo lugar se propició la manifestación de otros puntos de vista diferentes al propio de cada sujeto. De esta manera, están dadas las condiciones para iniciar los procesos de regulación y metacognición de los aprendizajes. Para poder llevar a cabo la discusión se realizó previamente otra actividad desarrollada ante todo el grupo, que consistió en: colocar sobre un vaso una tarjeta, sobre ella una moneda, y darle un golpe repentino a la tarjeta. Se le hizo al grupo las siguientes preguntas: ¿Por qué se cayó la moneda?, ¿Por qué no salió disparada con la tarjeta. Posteriormente se le plantearon a cada equipo las preguntas del Anexo 2-bis

Una vez realizada la discusión se les entregó a los alumnos un fragmento de lectura ¿Qué es la ciencia? (Anexo 3)

6.4.2 Fase de Desarrollo

Esta fase, contiene tanto actividades de introducción de nuevos puntos de vista como de síntesis. En esta fase se trata de incorporar los elementos que no se encuentran presentes en los modelos iniciales de los estudiantes, así como establecer relaciones entre éstos, más cercanas a las relaciones establecidas en el modelo científico escolar de arriba.

6.4.2.1 Introducción de nuevos puntos de vista

En la Tabla 5 se muestran las actividades a realizar en la fase de introducción de nuevos puntos de vista

Tabla 5 Introducción nuevos puntos de vista para la modelización		
Intr. Elementos	Finalidad	Evaluación
Actividad experimental (Act. 2) Discusión en equipos	Identifiquen que la fricción es un elemento que no habían considerado en la descripción del movimiento si ésta se redujera a cero, entonces se lograría un movimiento con velocidad constante	Situación hipotética en donde la fricción sea cero y respuestas al cuestionario
Actividad experimental (Act. 3) Análisis de folleto publicitario	Identifiquen dos tipos de movimiento: velocidad constante y acelerado. Incorporación del concepto aceleración	Cuestionario sobre la actividad experimental
Discusión en equipos	Establezcan la proporcionalidad de la fuerza y la aceleración	

Las actividades de Introducción de nuevos puntos de vista para la modelización se llevaron a cabo en tres sesiones:

TERCERA y CUARTA SESIÓN

La Actividad 2 (ANEXO 4), dado lo extensa de la misma, fue necesario realizarla en dos sesiones (tercera y cuarta sesión). En la primera de ellas, los alumnos construyeron, por equipos, tres pistas de diferentes materiales cada una. Para ello se les proporcionó una serie de materiales entre los cuales tuvieron que elegir aquel que propiciara un movimiento drásticamente diferente. Posteriormente, los alumnos diseñaron la manera en que se pudiera ejercer la misma fuerza sobre un objeto que se desplazara sobre las distintas superficies. Con esta actividad se pretendió que los estudiantes tomaran conciencia de cómo únicamente al modificar la superficie, el carro recorría diferentes distancias. Con el propósito de introducir la fricción en las explicaciones de por qué se detiene un objeto al desplazarse sobre diferentes superficies, en la segunda sesión se realizó una discusión por equipos dando respuesta a las preguntas del Anexo 4-bis.

Para lograr introducir la fricción se plantea una situación hipotética en donde la fricción sea cero, o lo más cercano posible a ello. Uno de los dispositivos que sirven para tal caso es la mesa de aire que se encuentra en los centros de videojuego, mesas de hockey, y responder las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Qué diferencia hay entre la mesa antes y después de encenderla?
- 2.- ¿qué papel juega el aire en la mesa?
- 3.- ¿Cómo es la fricción en las mesas de hockey?
- 4.- ¿Cómo es la velocidad en este tipo de mesas?
- 5.- ¿Qué efecto producen las orillas de la mesa sobre el disco?

QUINTA SESIÓN

En esta sesión se llevó a cabo la Actividad 3 (ANEXO 5), que consistió en medir las distancias recorridas por un cuerpo bajo la acción de una fuerza (un cuerpo que cae). Para poder medir las distancias se utiliza un ticómetro, dispositivo que

consta de un vibrador eléctrico, a través del cual puede pasar una cinta de papel, que incorpora un disco de papel carbón situado entre el brazo vibratorio y la cinta de papel, y que permite dejar una marca sobre la cinta cada vez que el brazo asciende y desciende. Evidenciando así, que hay un cambio en la velocidad del carrito. Con esta actividad se pretende introducir otro elemento –la aceleración– que no se encontraba presente en su modelo inicial. En el modelo inicial de los estudiantes existe una proporcionalidad entre la velocidad y la fuerza. Con esta actividad se pretende, además, que los estudiantes establezcan una proporcionalidad entre la aceleración y la fuerza. Asimismo se pretende que los estudiantes expresen creativamente sus propias ideas y no solo reproduzcan frases extraídas de los libros o de los apuntes, o apliquen fórmulas en la resolución de problemas-tipo. Considero que es importante establecer preguntas abiertas, ya que suelen aportar más información sobre lo que el alumno realmente sabe o comprende, por sobre la que proporcionan las respuestas cerradas. Posteriormente se llevó a cabo una discusión por equipos, para lo cual son necesarias las preguntas (Anexo 5-bis) que guíen la discusión.

Con el propósito de lograr introducir la aceleración se les presentó a los estudiantes diferentes propagandas automovilísticas en donde se vea cómo diferentes carros pueden aumentar su velocidad de 0 a 100 Km/h en diferentes tiempos, por ejemplo el BMW alcanza los 100Km/h en unos pocos segundos (4.7 s), mientras que el Volkswagen Sedan alcanza los mismos 100Km/h en varios segundos más, digamos 20 segundos (Anexo 6).

6.4.2.2 Síntesis

En la Tabla 6 se muestran las actividades de síntesis

Actividad	Finalidad	Evaluación
Actividad experimental (Act. 4)	Que establezcan relaciones entre fuerza y aceleración, así como entre fuerza y	Guía de evaluación (Construcción del modelo científico escolar de arribo,

Discusión en equipos	masa.	qué tan potente es el modelo construido, es decir que capacidad tiene para explicar el fenómeno)
¿Qué he aprendido?		

Estas actividades se realizaron en dos sesiones, a continuación se describe el desarrollo de éstas:

SEXTA SESIÓN

En esta sesión se continuó con la actividad realizada la sesión anterior, pero haciéndole unas variantes: a) a la fuerza aplicada, se le varió el peso de la plomada y se registraron las distancias recorridas en cada caso, pidiéndoles a los alumnos que compararan los datos obtenidos con los que obtuvieron en la sesión anterior; b) a la masa del cuerpo, se varió al incrementar peso al carrito y nuevamente se les pidió que compararan la aceleración en cada caso y la obtenida en los casos anteriores Se planteó la pregunta de lo que le pasa a la aceleración en comparación con el ejercicio anterior.

Se pidió a cada estudiante que, a partir de las respuestas que dieron al primer cuestionario, indicaran sus fortalezas y debilidades en cuanto a sus explicaciones y a su vez dieran una nueva explicación del fenómeno. Esta autoevaluación la “corrigió” cualquier otro de sus compañeros, con el propósito de que a su vez pudiera darse la coevaluación en el grupo. Cada estudiante tuvo la opción de manifestar su desacuerdo en cuanto a la “corrección” que le hizo su compañero o compañera.

Si los estudiantes asumían las reglas del juego del trabajo cooperativo, este tipo de evaluación formativa es muy productiva en cuanto al éxito del aprendizaje;

pues favorece la toma de conciencia del porqué de la insuficiencia en las posiciones adoptadas y de las vías para corregirlas.

SÉPTIMA SESIÓN

En esta sesión los estudiantes compararon un texto que elaboraron en casa de manera individual respondiendo la pregunta **¿Qué he aprendido?** con los textos de los demás. Posteriormente elaboran un texto nuevo, a partir de las ideas de todos.

6.4.3 Fase de Cierre, Aplicación y Generalización

Uno de los problemas más importantes en el aprendizaje es que los estudiantes no transfieren éste a otros núcleos de experiencias con los que están relacionados. Para ellos cada situación es un nuevo aprendizaje. Por esta razón la siguiente actividad tiene como propósito ampliar el campo de situaciones y fenómenos con el modelo construido y así favorecer la reafirmación del modelo. En la tabla 7 se presentan las actividades de síntesis.

Tabla 7 Aplicación y Generalización

Intr. Elementos	Finalidad	Evaluación
Actividad experimental (Act. 5) Discusión en equipos	Expliquen el funcionamiento de un cohete espacial al despegar y ya que se encuentra en el espacio	Modelo construido

Las actividades de síntesis se llevaron a cabo en una sesión y se detalla a continuación:

OCTAVA SESIÓN

En esta sesión se les presentaron imágenes (Anexo 7) de un cohete en el espacio y explicaron, con lo aprendido, el por qué el cohete puede viajar distancias tan grandes en el espacio si no cuenta con almacenamientos de enormes cantidades de combustible. Construyeron con un globo y un popote un cohete y explicaron su funcionamiento.

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS ESCOLARES

*El mundo exige resultados. No le cuentes a otros tus dolores del parto.
Muéstrales al niño.*

Indira Gandhi

En este capítulo se presenta el análisis de los modelos construidos por los estudiantes durante la realización de las actividades propuestas en el diseño de la estrategia didáctica. El análisis se dividirá en dos partes, en la primera parte se analizan los resultados obtenidos durante la realización de las actividades de exploración, de introducción a nuevos puntos de vista y de síntesis con el propósito de inferir los modelos construidos por los estudiantes en las diferentes etapas para compararlos con los modelos cognitivo y científico escolar de arriba y observar su evolución. En la segunda parte se analiza la aplicación de los modelos construidos a situaciones diferentes a las vistas en clase, lo que permite a su vez hacer una evaluación de la estrategia didáctica.

7.1 Análisis de Resultados

Para el análisis de resultados se consideran las fases propuestas por Sanmartí (2002): En la primera parte se analizan las ideas previas que poseen los estudiantes con respecto a fuerza y movimiento, con el propósito de inferir el modelo inicial presente en los estudiantes respecto al fenómeno de movimiento y poder compararlo con el modelo cognitivo, inferido a partir de las ideas previas reportadas en la literatura. En la segunda parte, el análisis se refiere a cómo los estudiantes incorporan elementos nuevos en sus explicaciones acerca de cómo se mueven los cuerpos, y las relaciones que establecen entre dichos elementos, para así obtener un modelo intermedio y comparar su transformación. En la tercera parte se identifican los modelos que han alcanzado los estudiantes al concluir la estrategia con el propósito de realizar una comparación entre éstos y el Modelo científico escolar de Arriba.

7.1.1 Actividades de exploración. Análisis de las ideas previas

La fase de exploración tuvo como propósito el conocer o evocar las ideas previas que poseen los estudiantes a los que va dirigida esta estrategia, acerca del movimiento, para poder así identificar su modelo inicial. La manera o medio para conocer las ideas previas acerca de fuerza y movimiento, fueron el cuestionario más actividad experimental y a partir del análisis de éstas y de la discusión tanto

en equipos como en grupo se pudo inferir el modelo inicial de los estudiantes. Para realizar el análisis de las respuestas del cuestionario abierto, se utilizó la técnica de análisis de contenido que permitió identificar ciertas categorías. Es decir, se extrajeron todas las respuestas que los estudiantes emitieron ante cada pregunta, tomando en consideración el siguiente criterio: Se crearon categorías para cada pregunta, dependiendo de la congruencia conceptual de las respuestas, considerando la similitud de palabras y su sentido (Ver Tablas 1, 3 y 5). Posteriormente se sacaron frecuencias de las categorías las cuales se presentan en Tablas 2, 4 y 6.

La forma para conocer las ideas previas de los estudiantes acerca de fuerza y movimiento fue un cuestionario (Anexo 1), que constaba de siete preguntas. Las primeras tres preguntas estaban enfocadas hacia qué objetos era más fácil de detener o de poner en movimiento, mientras que las siguientes tres tenían como propósito identificar los sistemas de referencia como condición necesaria para poder identificar el fenómeno de movimiento. Finalmente, la séptima pregunta, tenía como propósito el identificar las fuerzas presentes en un cuerpo en reposo.

De las primeras tres preguntas se puede hacer un análisis de lo que los estudiantes pensaban acerca de qué objetos era más fácil de poner en movimiento y sus respuestas estuvieron enfocadas hacia la masa, el peso el volumen, el tamaño, la velocidad. Por lo que se pueden establecer estas categorías de análisis.

Respecto a la primera pregunta (donde se presentan dos imágenes) de “cuál objeto es más fácil de poner en movimiento” se obtuvieron diferentes respuestas. En la Tabla 1 se encuentran concentradas las respuestas textuales que se clasificaron según su similitud conceptual.

Tabla 1 respuestas de los estudiantes con respecto a qué objeto es más fácil de poner en movimiento

Ligero, frágil y peso	masa	tamaño	Porque sí
Por que el balon pesa menos que la piedra	Bueno pues el balón tiene menos masa y tamaño	Porque el balón tiene menos tamaño	X
Por que el balon pesa menos que la piedra El balón es mas facil de mover porque no pesa tanto			X Porque es mas fácil
Por que tiene mas peso la roca que el balon			Porque es mas fácil
Tiene menos peso			X
Porque el balon es ligero y la piedra no			X
El balon es mas fragil a diferencia de la piedra			
Porque tiene menos peso y es mas pequeño			
El balon por k' pesa menos			
Porque el bloque tiene mas peso que el balon			
Porque la piedra es mas pesada y el balon muy ligero			
Porque el balon pesa menos que la piedra			
Porque el balón es mas fácil de mover y la roca es mas pesada que el balón			
Porque es mas ligero y pesa menos			
Por que la piedra es mas pesada			
Es un objeto que pesa muy poco			
De que la piedra es mas pesada			
Porque es mas pesada			
Por el peso del objeto			
Porque tiene mas peso			
Porque la pelota no esta muy pesada no pesa			
Porque es mas frágil			

Las respuestas que dan los estudiantes a qué objeto es más fácil poner en movimiento y por qué es más fácil de lograrlo, van dirigidas casi en su totalidad al peso del objeto. Cabe señalar que seis estudiantes no dieron respuesta a por qué es más fácil mover un objeto de menor masa. Con esta clasificación se puede obtener la frecuencia asociada a cada una de las respuestas (Tabla 2)

Categoría	Frecuencia
Ligero, frágil y peso	22/30
Masa	1/30
Tamaño	1/30

Como se observa en la Tabla 2, la gran mayoría de los alumnos considera que es más fácil mover aquellos objetos que tengan poco peso y solamente un alumno

hace referencia a la masa. Aun cuando esta pregunta estaba originalmente pensada para reafirmar el concepto de inercia, en donde la respuesta “correcta” debía hacer referencia a la masa y no al peso, consideramos que es una pregunta adecuada para conocer las ideas previas acerca del movimiento. Las diferentes categorías establecen los diferentes grados de abstracción que poseen los estudiantes. Sólo un estudiante considera que los cuerpos son más difíciles de mover dependiendo del tamaño teniendo un grado de abstracción inferior al de sus compañeros. Por el contrario, en cuanto a la respuesta que se refiere a la masa supone un grado de abstracción mayor al de sus compañeros.

En la segunda pregunta, se presentan dos imágenes (ver Anexo 1) y se les cuestiona a los alumnos qué objeto es más fácil de detener. En la Tabla 3 se encuentran las respuestas textuales que los estudiantes dieron.

Tabla 3 respuestas de los estudiantes con respecto a qué objeto es más fácil de detener			
Peso	Fuerza	velocidad	Tamaño
El balon porque no pesa nada y el carro es mas dificil por su peso	Lleva mas fuerza	El camion no se puede detener porque tiene velocidades	Por lo grande
El balon es mas ligero	Porque se ve que el camion lleva mucha fuerza	Por la velocidad	El balon es pequeño
El camion es mas dificil porque pesa mas	Tiene menos fuerza	Por la velocidad	Porque es pequeño
Porque el balon es menos pesado	El camion lleva mas fuerza	Porque yeva una velocidad mas rapido	Porque la pelota es pequeña
Tiene menor peso	Porque el camion es mas fuerte	El balon porque su velocidad va con menos	
El balon porque el camion es mas pesado	Porque no se nesecita tanta fuerza	El balon es mas lento que el camion	
Porque el carro te paras enfrente y te mata y el balon es mas ligero	El camión tiene mucha fuerza y la pelota no	El balon por k' ba amenor velosidad	
Igual es el balon que se compara a un camion muy pesado		Dependiendo de la belocidad que llebe	
Porque el balon no tiene tanto peso		El camion yeva mas velocidda que el balon	
El balon no pesa tanto		Por que el camion lle va una velocidad	

De las respuestas se observa que los estudiantes consideran que los objetos pesados son más difíciles de detener. Pero un elemento importante para lograrlo es la velocidad con la que viaja el objeto, a diferencia de la pregunta 1 en donde la

mayoría de los estudiantes coincidía en que los objetos pesados son más difíciles de poner en movimiento sin importar la velocidad que queramos alcancen. Es de llamar la atención que en este punto aparece la fuerza que lleva el cuerpo para poderlo detener, confiriéndole a ésta-la fuerza- un carácter de posesión que puede agotarse a lo largo del movimiento (Tabla 4)

Categoría	Frecuencia
Peso	10/30
Fuerza	7/30
Velocidad	10/30
Tamaño	4/30

La mayoría de las respuestas se concentró principalmente en dos categorías (peso y velocidad), esto podría sugerir que no hay claridad en cuanto a la razón por la cual es más difícil de detener un objeto más masivo que otro de menor masa. Sin embargo estas categorías podrían estar relacionadas, pues en primer lugar consideran que los cuerpos más pesados tienen más fuerza y por otro lado los cuerpos que llevan mayor velocidad ejercen mayor fuerza.

En cuanto a la tercera pregunta de por qué sale volando el muñequito, cabe mencionar que a esta pregunta sólo dieron respuesta 26 de los 30 alumnos a los cuales se les aplicó el cuestionario, la razón es muy probable se deba al escaso vocabulario con el que cuentan los estudiantes. Además, 3 de los 30 estudiantes contestaron solamente “el obstáculo”, por lo que, en la Tabla 5 aparece este número entre paréntesis. Se pueden establecer las categorías de análisis contenidas en la Tabla 5.

Carro lleva velocidad, lleva vuelo o inercia	Fuerza del cuerpo que cae	Fuerza del obstáculo	Fuerza del carrito
Porq el carro lleva una velocidad que cuando choca con el objeto sale volando	El peso del objeto que cuelga	El obstáculo (3)	La velocidad que lleva la fuerza
Porque estaba llevando vuelo	El peso	La fuerza de la rampa	La fuerza que llevaba el carrito

La velocidad del carrito	La fuerza del peso jalando el carrito	El ladrillo o lo k' sea esto	El golpe que da el cochesito en la rampa
Por la velocidad que lleva el muñeco y al chocar hace que el muñeco vuele	La fuerza de la piedra	Por el choque con la rampa	La fuerza que lleva el carrito
Por la inercia, yo pienso que el carro se mueve y la o el peso que tiene la olea y sale el muñeco que esta adentro del carrito	Tanto el objeto que esta abajo como el obstaculo	El peso del ganchito	Se puede quedar solo sino llevaba fuerza
		Porque cuando pega con el obstaculo hace que salga disparado	Dependiendo de que tan fuerte sea puede salir volando
		Cuando choca el golpe es muy fuerte	Su fuerza hace que salga volando

A diferencia de las dos preguntas anteriores existe una distribución en las respuestas y solamente cinco estudiantes hacen referencia a la inercia. Las respuestas restantes hacen referencia a algún tipo de fuerza. Las frecuencias asociadas a estas categorías se encuentran en la Tabla 6.

Categoría	Frecuencia
Carro lleva velocidad, lleva vuelo o inercia	5/26
Fuerza del cuerpo que cae	5/26
Fuerza del obstáculo	9/26
Fuerza del carrito	7/26

De la Tabla 6 se puede observar una distribución mucho mayor que la existente en las otras dos preguntas. Parece que la pregunta evidencia la confusión entre la razón de que el muñequito salga volando y la razón por la cual tanto el carrito como el muñequito se muevan; es por esto que aparece que el peso del objeto que cae es el responsable de que el muñequito salga volando. Además se observa que en la mayoría de ellas se involucra una fuerza como responsable de que el objeto, que iba en movimiento, salga disparado: ya sea la fuerza del objeto que colgaba, la fuerza del obstáculo al final de la mesa, la fuerza del carro mismo y sólo algunos hacen referencia a la tendencia de los cuerpos en movimiento a conservar ese estado de movimiento.

Otra forma de acercarse a las ideas previas sobre movimiento, fue a través de las respuestas que dan, por equipos de tres integrantes cada uno, a cuatro preguntas que se les plantean una vez realizada la primera actividad experimental (Anexo 2). A esta actividad acudieron solo 24 de los 30 alumnos que conforman el grupo, en ella se planteó el por qué se detiene un objeto que se ha puesto en movimiento, así como el por qué un objeto que se encuentra sobre otro, parece moverse en sentido contrario cuando al primero se le ejerce una fuerza. Para realizar el análisis de este instrumento, se siguió el mismo criterio utilizado para las preguntas del cuestionario, es decir, se extrajeron las respuestas que los equipos emitieron ante cada pregunta, tomando en consideración el siguiente criterio: se sacaron las categorías de acuerdo a la similitud de palabras y su sentido y posteriormente se obtuvieron las frecuencias de respuesta. Las respuestas que dieron los 8 equipos a las cuatro preguntas se encuentran concentradas en la Tabla 7.

Tabla 7 Respuestas sobre la actividad experimental 1				
EQ	P1	P2	P3	P4
EQ1	Con el golpe empeso a andar y luego se detuvo	Que se le acabo la fuerza	Se va pa atras	A q jalamos al caja con mucha fuerza pero a la canica no
EQ2	Se paro	No le dimos suficiente impulso	Se para atras	Que la canica no esta fija a la caja
EQ3	Se detuvo	Porque su velocidad disminullo porque ya no lo seguimos empujando	Se fue para atras	La canica rodo, a lo mejor si hubiéramos puesto algo más pesado no hubiera pasado nada
EQ4	Empeso a andar y luego se detuvo	Por el impulso	La canica se fue para atrás de la caja	Porque rueda
EQ5	avanso	Porque las cosas siempre se paran	Cuando jalamos la caja la canica se hizo para atrás y cuando choco con la orilla se fue para adelante	A que lo jalamos con mucha fuerza
EQ6	Recorrio una distancia	Porque se detubo	La canica rodo para atras	Porque las canicas ruedan
EQ7	Se detuvo	Se le acabo el impulso	Se movio para atras	Por el jalon que le dimos a la caja
EQ8	Se freno	Que la mesa estaba muy rasposa	Se fue para atras	Es como cuando vamos en un carro y avanza de repente y la cabeza se te va pa atras

Para la primera parte de esta actividad, que incluye las respuestas a las dos primeras preguntas (Anexo 2)-por qué se detiene un cuerpo que se ha puesto en movimiento-las respuestas de los equipos se dirigen principalmente a que se le acaba la fuerza o impulso, otros equipos consideran que esto es porque sí y solo uno de los equipos, considera que es la superficie la responsable de que el carro se detenga. La frecuencia de las repuestas se encuentra en la Tabla 8.

Tabla 8 Categorías y su frecuencia	
Categoría	Frecuencia
Se le acaba la fuerza o impulso	5/8
Porque sí	2/8
Superficie rasposa	1/8

Como puede observarse la gran mayoría de los equipos considera que la fuerza es una propiedad intrínseca de los cuerpos que puede agotarse a lo largo del movimiento y por lo tanto, es una condición necesaria y suficiente para que se presente el movimiento. Dos equipos consideran que la razón es porque sí y sólo uno de ellos le atribuye características a la superficie sobre el cual se mueve el objeto.

El análisis de las respuestas del cuestionario permite observar cuáles son los elementos presentes en el modelo inicial de los estudiantes, los cuerpos, la fuerza aplicada, la velocidad. A continuación se analizarán la naturaleza de las relaciones entre estos elementos:

Naturaleza de la fuerza

Cinco de los ocho equipos le confieren una propiedad intrínseca a la fuerza mientras que sólo uno le atribuye una relación de interacción, al considerar que el movimiento cesó porque había algo en la superficie que hizo que el cuerpo se detuviera. Dos equipos consideran que el cuerpo se detuvo confiriéndole, propiedades animistas a los cuerpos, en el mismo sentido en lo reportado en los trabajos de Piaget (1921). Mediante este análisis puede inferirse cuál sería la

naturaleza de la fuerza, es decir si ésta es considerada como interacción o es una propiedad de los cuerpos y por lo tanto una condición para que se presente el movimiento.

Relación Proporcionalidad

La naturaleza de la relación de proporcionalidad entre la velocidad y la fuerza nos la proporciona tanto las repuestas a la segunda como la tercera pregunta del cuestionario, al proporcionar respuestas del tipo “no lo empujamos lo suficientemente fuerte”, con lo cual se reafirmaría la idea de que por un lado la fuerza se agota a lo largo del movimiento y con ello la velocidad del objeto. Por lo tanto en la mayoría de los alumnos se presentaría esta relación.

Relación Equilibrio

La séptima pregunta del cuestionario estaba dirigida a que identificaran las fuerzas presentes en un cuerpo que se encuentra en reposo. La totalidad de las repuestas fue que no había ninguna fuerza que estuviera actuando sobre el jarrón que se encontraba sobre la mesa, por lo que se puede inferir que ésta es una relación presente en todos los modelos iniciales de los estudiantes (En cuerpos en reposo no actúan fuerzas).

Del análisis a las repuestas de los dos instrumentos: cuestionario y respuestas derivadas de las preguntas de la actividad experimental de donde se obtienen los elementos presentes en los modelos de los estudiantes y del análisis de la naturaleza de las relaciones, podemos inferir que existen tres modelos iniciales presentes en los estudiantes:

7.1.1.1 Modelos iniciales de los estudiantes

Se encontraron tres modelos en los estudiantes que presentaremos a continuación:

Modelo 1

En este modelo se ubican la gran mayoría de los equipos (5/8). Los elementos presentes en este modelo son los cuerpos, la fuerza y la velocidad. Las relaciones

entre dichos elementos son: a) existe una proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad, los cuerpos que viajan a mayor velocidad ejercen mayor fuerza y b) en los cuerpos en reposo no actúan fuerzas. Consideran que la fuerza es una propiedad intrínseca de los cuerpos que se agota a lo largo del movimiento, por lo que ésta es una condición para que se presente el movimiento.

Modelo 2.

Este modelo está presente en dos de ocho equipos. No existe una identificación de elementos y por obvias razones no existen relaciones entre elementos, coincidiendo con lo encontrado en los trabajos de Piaget (1921), pues las explicaciones del por qué se detenía un cuerpo en movimiento eran “porque sí”, por lo cual este modelo lo podríamos identificar con un modelo *animista*.

Modelo 3

Este modelo sólo está presente en uno de los equipos (1/8). Los elementos presentes en este modelo son los cuerpos, la fuerza y la velocidad. Las relaciones entre dichos modelos son: a) Interacción: La superficie sobre la que se mueve un cuerpo juega un papel importante en el movimiento, por lo que la ausencia de fricción sería una condición para que se pudiera mantener el movimiento, b) Proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad, pues los cuerpos que viajan a mayor velocidad ejercen mayor fuerza c) en los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.

Con el propósito de comparar los modelos iniciales con el Modelo Cognitivo, inferido de las ideas previas sobre fuerza y movimiento reportadas en la literatura, se concentrarán en la Tabla 9 los elementos y relaciones de cada uno de los cuatro modelos, así como la condición necesaria para que se presente el movimiento.

Tabla 9 Elementos, Relaciones y condiciones de los Modelos Iniciales y del Modelo Cognitivo

Modelo	Elementos	Relaciones	Condiciones
Cognitivo	Objetos (pesos) Fuerza Velocidad	Proporcionalidad: entre velocidad y fuerza.(Tanto en magnitud como en dirección) Equilibrio En los cuerpos en reposo no	Propiedad : Los cuerpos poseen fuerza interna

		actúan fuerzas.	
Inicial 1	Cuerpos Fuerza velocidad	Proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad Equilibrio En los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.	Propiedad Los cuerpos poseen Fuerza interna
Inicial 2	Sin elementos	Sin Relaciones	Propiedad Los cuerpos poseen Fuerza interna
Inicial 3	Cuerpos Velocidad Superficie	Interacción: La superficie sobre la que se mueve un cuerpo juega un papel importante en el movimiento Proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad En los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.	Ausencia de fricción

Se puede concluir que los modelos iniciales de los estudiantes no difieren del modelo cognitivo que se infirió de lo reportado en la literatura, ya que 5/8 equipos coinciden con lo reportado en la literatura.

7.1.2 Introducción de nuevos puntos de vista

El propósito en la fase de introducción de nuevos puntos de vista para la modelización del movimiento, fue introducir nuevos elementos y relaciones que no estaban presentes en los modelos provenientes de la fase de exploración- Modelos iniciales-, así como tampoco en el Modelo Cognitivo, pero sí en el Modelo Científico Escolar de Arribo y estos son: la fricción- como relación- y la aceleración-como elemento-. Además, esta fase tiene como propósito el modificar la condición de “la aplicación de una fuerza” para que se lleve a cabo el movimiento.

El medio para introducir estos elementos fue a través de actividades experimentales. La primera consistió en construir tres pistas de diferentes materiales y darle el mismo golpe a un carrito para que se desplace sobre ellas (Anexo 4). Para la realización de esta actividad se formaron diez equipos de tres integrantes cada uno y se les plantearon cinco preguntas (Anexo 4-bis), a las que dieron respuesta por equipo. Esta actividad tiene como propósito el introducir la fricción. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 10.

Dado que esta no es una pregunta aislada, sino que las cinco se encuentran relacionadas, y con el propósito de introducir la fricción de la superficie como modificadora del movimiento de un cuerpo, entonces el análisis se realiza de manera vertical. Es decir, de tal forma que se permita evidenciar la relación que existe entre las respuestas, pero la que mayor peso analítico tendrá de estas respuestas es precisamente la que se refiere a la fricción (P5: ¿Qué es lo que hace que el carro se detenga en cada uno de los casos?).

Tabla 10 Respuestas sobre la actividad experimental 2

Equipo	P1	P2	P3	P4	P5
EQ1	si	si	La textura de cada pista	La velocidad	Los obstáculos porque en la lija eran pequeñas bolitas, en el carton por el tipo se iba lento por la textura y el plástico no tenía obstaculos
EQ2	no	si	El tipo de pista, los baches y los topes	La pista y la distancia	El tipo de pista, los baches
EQ3	No *	no	La textura de cada pista	La velocidad	La fricción que se produce en la pista
EQ4	no	no	La superficie de cada una de las pistas	Los baches de las pistas	La fricción por que se disminuyeron los baches en cada pista
EQ5	no	si	El tipo de suelo	El tipo de pista	Los baches (obstaculos de las pistas)
EQ6	No	si	La superficie, la textura	La velocidad	La textura de la pista (fricción)
EQ7	si	si	Que son de distintos materiales	La velocidad	Pues el material con el que estaba hecho
EQ8	no	no	El tipo de carretera	La velocidad	Tipo de superficie
EQ9	no	si	El tipo de cada pista(el material de cada pista)	Cambia la dsitancia que recorre	El material con el que esta echo la pista
EQ10	si	si	El diferente tipo de material en que estaban construidos	Su velocidad	La diferente textura d las pistas y en que uno era carton, lija y plastico

Como se observa en la Tabla 10, se puede decir que los estudiantes se percatan que existen “cosas” que se modifican a lo largo del movimiento del objeto, y que están son las distancias alcanzadas en cada uno de los casos y además que ese cambio está directamente relacionado con la modificación de la superficie. Entonces, se puede determinar que las categorías de análisis y sus respectivas frecuencias serían las que se encuentran en la Tabla 11.

Tabla 11. Categorías y frecuencia

Categoría	Subcategorías	Frecuencia
	Textura	2/10

INTERACCIÓN	Tipo de superficie (suelo o pista)	2/10
(fricción)	Baches u obstáculos	2/10
	Materiales	2/10
	Fricción	2/10

Aunque podría parecer que hay una distribución uniforme en las respuestas y que por tanto hay confusión o poca claridad, en cuanto a la razón por la que el carro. Considero que las respuestas que dieron los estudiantes hacen ver que, aun cuando en sus explicaciones no hayan utilizado el término fricción, si pudieron notar que al modificar una superficie, ésta es capaz de modificar el movimiento de un cuerpo que se desplaza sobre ella. Por tanto, la categoría principal de estas respuestas es la interacción (fricción) y que ésta se divide en subcategorías: textura, tipo de material, tipo de suelo y baches u obstáculos.

El introducir actividades que conecten con los intereses de los estudiantes, como es la simple evocación de la mesa de hockey que se encuentran en los diferentes centros de videojuegos, permitió que esta distribución en las respuestas que daban los estudiantes en su explicación a la diferencia de movimientos, se centrara únicamente en la fricción.

La segunda actividad tuvo como propósito el introducir la aceleración (Anexo 5). Ello debido a que tanto en el modelo inicial, derivado de fase de exploración, como en el cognitivo, existe una proporcionalidad entre fuerza y velocidad. Sin embargo en el Modelo Científico Escolar de Arribo la proporcionalidad se da entre fuerza y aceleración. La manera inicial planteada en la actividad para lograr este propósito, no fue posible de llevar a cabo porque se tenía pensado que un carro se moviera sobre un riel y sobre el carro colocar un gotero para que fuera dejando marcas en su recorrido. Sin embargo, no se pudo lograr que goteara uniformemente, es decir, a intervalos de tiempo iguales. Por lo que fue necesario replantear esta actividad sustituyendo el gotero con un ticómetro, que es un dispositivo que vibra por medio de un motor y cuenta con una pequeña punta que es capaz de dejar marcas sobre una superficie. Si se sujeta un papel a un cuerpo en movimiento, en este caso a un cuerpo que cae y entre el ticómetro y el papel se coloca un papel carbón, el

ticómetro al vibrar dejará marcas que corresponden a las distancias recorridas en intervalos de tiempo iguales. Con esto se logra obtener marcas uniformes, es decir a intervalos de tiempo iguales.

La actividad 3 (Anexo 5) se realizó con diez equipos de tres integrantes cada uno y se les planteó cinco preguntas (Anexo 5-bis), a las que dieron respuesta por equipo. De la misma manera que para la actividad anterior, dado que las preguntas se encuentran relacionadas y tienen como propósito el notar que existe un cambio de velocidad cuando se ejerce una fuerza, el análisis se realizará de manera vertical con énfasis en la pregunta 4, que es la que hace referencia a la identificación de un cambio de la velocidad en el objeto en movimiento. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 12

Tabla 12 Respuestas sobre la actividad experimental 3					
Equipo	P1	P2	P3	P4	P5
EQ1	Sin gráfica	si	No	si	aceleración
EQ2	“Parábola”	Si, porque las marquitas las hace el taconetro	No, porque las medimos	Si, porque lo jala el carrito	aceleración
EQ3	“Parábola”	si	No, la distancia cada vez es mas grande	No, porque va mas rapido	aceleración
EQ4	Sin gráfica	si	Si,	no	aceleración
EQ5	“Parábola”	Si, porque el ticometro vibra siempre igual	No, cada vez estaban mas lejos	si	No sé
EQ6	“Parábola”	No porque	No, porque están mas lejos	Si, porque	aceleración
EQ7	Recta	si	Si, porque asi lo medimos	Si porque su velocidad no cambia	aceleración
EQ8	“Parábola”	Si porque el tiempo que se tarda es lo que da la vuelta el motor	No, porque asi lo vimos	No, porque ba abanzando mas	inercia
EQ9	“Parábola”	no	no	no	aceleración
EQ10	Recta	No, porque va mas rapido	No, porque va mas rápido	No, porque va mas rapido	Inercia, porque sale volando

Dos de los diez equipos se limitan a contestar sí o no, sin dar más explicaciones de lo ocurrido por lo que se considerarán a éstos como -sin respuesta-. Tres de los diez equipos consideran que tanto la velocidad como las distancias recorridas van cambiando a lo largo del movimiento. Dos de los equipos consideran que aunque las distancias recorridas van aumentando la velocidad se mantiene constante y

3/10 equipos consideran que las distancias aumentan pero que la velocidad se mantiene constante. Entonces se puede determinar que las categorías de análisis y sus respectivas frecuencias serían las que se encuentran en la Tabla 13, notándose que ningún equipo identifica la proporcionalidad de la fuerza y la aceleración explícitamente.

Tabla 13 Categorías y frecuencia

Categoría	Frecuencia
Cambio de velocidad y aumento en la distancia recorrida	3/10
Velocidad constante y aumento en la distancia recorrida	2/10
Velocidad constante	3/10

Posteriormente a esta actividad se le proporcionó a cada equipo un folleto (Anexo 6) con el propósito de que identificaran la aceleración como una razón entre el cambio de velocidad y el tiempo, por lo que los equipos que identificaron un cambio de velocidad en el movimiento del carro, modificaron las respuestas que habían dado a las preguntas (Anexo 5-bis) de la actividad 3. Así la naturaleza de las relaciones entre los elementos del modelo:

Relación Proporcionalidad

En la tabla 13 se observa la relación de proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad o la aceleración, 3/10 equipos consideran que la fuerza aplicada produce un cambio en la velocidad, que en cuanto se introduce el concepto de aceleración como el cambio de velocidad con respecto al tiempo, gracias a la lectura del folleto, es posible establecer una relación de proporcionalidad entre fuerza y aceleración. Mientras que cinco de los diez equipos, al considerar que la velocidad se mantiene constante a lo largo del movimiento, están estableciendo una relación de proporcionalidad entre la fuerza aplicada y la velocidad. Sin embargo, aunque 5/10 equipos consideran una relación de proporcionalidad entre

fuerza y velocidad, solo 2/10 equipos reconocen que existe un aumento en las distancias que el objeto va recorriendo en su movimiento.

Relación *Naturaleza de la fuerza*

La actividad 2 (Anexo 4) permitió que la gran mayoría de los estudiantes consideraran a la fuerza como una interacción, al tomar en cuenta las características de la superficie sobre al cual se mueve un cuerpo, es decir, dejan de atribuirle a la fuerza una propiedad del objeto, por lo que en esta fase, la fuerza deja de ser una condición para que se presente el movimiento- en la mayoría de los equipos- convirtiéndose en una relación de interacción.

Relación *Equilibrio*

Aun cuando en sus explicaciones está presente la fricción, como una fuerza que modifica el movimiento, no existe en la estrategia didáctica alguna actividad diferente que permita modificar el que los estudiantes consideren que aún en reposo existen fuerzas. Por ello esta relación queda de la misma manera como lo reportado en los modelos iniciales.

Del análisis de la naturaleza de las relaciones podemos inferir que en esta etapa del desarrollo de la estrategia didáctica existen tres modelos iniciales presentes en los estudiantes:

7.1.2.1 Modelos Intermedios de los estudiantes

Se puede observar que en esta etapa hubo un avance, ya que se logró introducir la fricción como elemento para describir el movimiento. Para esta etapa existen también tres modelos presentes en los estudiantes:

Modelo 1

En este modelo se ubican la gran mayoría de los equipos (5/10). Los elementos presentes en este modelo son los cuerpos en movimiento, su velocidad y la superficie sobre la que se mueven dichos objetos. Las relaciones entre dichos

elementos son: a) La fuerza es vista como una interacción entre cuerpos, b) existe una proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad, no existe un cambio de velocidad a lo largo del movimiento o fuerzas constantes producen velocidades constantes c) en los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.

Modelo 2

Este modelo está presente en dos de los diez equipos en donde no existe una identificación de elementos y por obvias razones no existen relaciones entre elementos. Nuevamente se presenta el modelo Animista, en donde los fenómenos ocurren “porque sí”.

Modelo 3

Este modelo está presente en tres de los equipos Los elementos presentes en este modelo son los cuerpos en movimiento y la velocidad. Las relaciones entre dichos elementos son: a) Interacción: La superficie sobre la que se mueve un cuerpo juega un papel importante en el movimiento, b) Proporcionalidad entre la fuerza y el cambio de velocidad, las fuerzas producen un cambio de velocidad c) en los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.

7.1.3 Síntesis

Esta etapa tuvo como propósito la construcción de un modelo acerca del movimiento, que incluyera los elementos que se lograron introducir en la etapa de introducción de nuevos puntos de vista para la modelización del mismo.

Para cumplir con el propósito de esta fase se continuó con la actividad 3 (Anexo 5) realizada en la fase de introducción de nuevos puntos de vista realizándole algunas variantes. En cuanto a la aplicación de la fuerza y la masa del carro pues se le varió la fuerza aplicada al papel- colgando dos plomadas, en lugar de una- y que el carro sobre el cual se aplicaba la fuerza aumentara de masa. La manera que los mismos estudiantes propusieron fue que podían colocársele monedas encima del papel y con esto se incrementaba la masa del carro. Debido a que la manera como estaba diseñada esta actividad era continuación de la actividad 3,

se tuvo que hacer la misma modificación en ella. Las preguntas a las que dieron respuesta a esta actividad son las siguientes

- 1.- ¿Qué hace la plomada sobre el papel?
- 2.- ¿Qué ocurriría con el papel si se colocarían dos plomadas en lugar de una?
- 3.- ¿Qué ocurre si hay tres plomadas?
- 4.- ¿Qué ocurre si en lugar del peso de la plomada, se aumenta el peso del papel y como se lograría esto?

Una vez más, como las preguntas están relacionadas, la manera de hacer el análisis se realizó de manera vertical en la Tabla 14. Las respuestas literales que dieron a estas preguntas se encuentran a continuación:

Tabla 14 Respuestas sobre la actividad experimental 4				
EQ	P1	P2	P3	P4
EQ1	Aplica una fuerza, por su peso.	Va más rapido, hay mas fuerza, la distancia, hay doble de aceleración.	Hay triple aceleración.	Poniendole un objeto encima al papel, la aceleración disminuye.
EQ2	Aplica una fuerza, por su peso.	Las marcas son mas distanciadas y la velocidad aumenta, fuerza al doble y aceleración al doble	Aumenta al triple la fuerza y la aceleración al triple	Disminuye la aceleración del papel
EQ3	Lo mueve por su peso	Multiplca la aceleracion al doble	Aumenta al 3	Se lograría poniéndole algo al papel y disminuye la aceleración
EQ4	Lo jala	La velocidad y la dsitancia	Aumenta su velocidad al triple	Disminuye la aceleracion y esto ocurre aumentando un objeto al papel
EQ5	Aumenta el peso	Dsminuye mas la velocidad	Seria mas lento	Esto se logra poniéndole encima cualquier cosa
EQ6	Por que da + velosida	Se duplica la celeracion	Se triplica la aceleracion	Disminulle la fuesa de la plomada
EQ7	Aceleración gurda la fuerza y lanza a el cuerpo	La aceleracion	Se acelera la fuerza	Se desacelera la fuerza
EQ8	Nada porque no hay peso	Aumenta la velocidad y las distancias y la aceleracion	Aumenta mas la aceleracion	Esto se logra poniéndole un objeto al papel encima y la aceleración disminuye
EQ9	Que hay peso	Son + y + grandes	Pues también acelera y ace un cambio	Esto se logra poniéndole en sima cualquier cosa y disminuye
EQ10	Aplica fuerza al papel	Aumenta el peso y asi la velocidad	Aumenta el peso y asi la velocidad	Disminuiría poniéndole un objeto al papel

De las repuestas se observa que la gran mayoría de los equipos (8/10) identifica que lo que la plomada hace sobre el papel es ejercerle una fuerza y que al variar

el número de plomadas (la fuerza aplicada) variará también la aceleración producida en el cuerpo. Por el contrario, si se mantiene la misma fuerza y lo que se varía es la masa sobre la cual se está ejerciendo esta fuerza, entonces la aceleración disminuirá. Las categorías de análisis y su frecuencia se encuentran en la Tabla 15.

Tabla15 Categorías y frecuencia	
Categoría	Frecuencia
Proporcionalidad directa entre fuerza y aceleración e inversa entre la masa y la aceleración	7/10
Proporcionalidad directa entre fuerza y velocidad e inversa entre la masa y la aceleración	3/10

Relación *Proporcionalidad*

En la explicación del movimiento sólo tres equipos siguen pensando que existe proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad, mientras que la gran mayoría (7/10) considera que existe proporcionalidad entre la fuerza y la aceleración. En cuanto a la relación que existe entre la masa y la aceleración, todos coinciden en que existe una relación inversa. Este instrumento permite obtener los modelos que poseen los estudiantes para la explicación del movimiento.

Las relaciones *Naturaleza de la fuerza y Equilibrio* **no** se ven modificadas después de haber realizado las actividades de síntesis, por lo que se consideran las mismas que las descritas en la fase de introducción de nuevos puntos de vista. La única relación que se ve modificada es la relación de proporcionalidad

Del análisis de la naturaleza de las relaciones podemos inferir que están presentes dos modelos alcanzados por los estudiantes:

7.1.3.1 Modelos alcanzados por los estudiantes.

Con base en el análisis anterior podemos inferir los modelos alcanzados por los estudiantes en la etapa de síntesis de la Estrategia Didáctica son los siguientes:

Modelo 1

Este modelo está presente en solo tres de los diez equipos. Los elementos presentes en este modelo son los cuerpos, la superficie sobre la que se mueven éstos y la velocidad. Las relaciones entre dichos elementos son: a) La fuerza es vista como una interacción entre cuerpos, b) existe una proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad, no existe un cambio de velocidad a lo largo del movimiento o fuerzas constantes producen velocidades constantes c) en los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.

Modelo 2

Este modelo está presente en siete de los equipos. Los elementos presentes en este modelo son los cuerpos, la superficie sobre la que se mueven éstos y la aceleración. Las relaciones entre dichos modelos son: a) Interacción: La superficie sobre la que se mueve un cuerpo juega un papel importante en el movimiento, b) Proporcionalidad entre la fuerza y aceleración, las fuerzas producen aceleraciones c) en los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.

Con el propósito de poder comparar los Modelos Alcanzados por los estudiantes con el Modelo Científico Escolar de Arribo, se concentrarán en la Tabla 16 los elementos, relaciones y condiciones de cada uno de los tres modelos.

Tabla 16 Elementos y Relaciones de los Modelos Alcanzados y el Modelo Científico Escolar de Arribo

Modelo	Elementos	Relaciones	Condiciones
Científico Escolar de Arribo	Objetos (masas) Velocidad Aceleración Superficies	Interacción. La fuerza es una idea que describe la interacción entre cuerpos. Proporcionalidad entre la intensidad de la interacción entre los cuerpos (fuerza) y la aceleración, tanto en dirección como en magnitud. Equilibrio	Sistemas de referencia (estado de movimiento o de reposo) Intervalos de tiempo Masas constantes

Alcanzado 1	Cuerpos Superficies Velocidad	<p>Interacción La superficie sobre la que se mueven los cuerpos juega un papel importante (fricción)</p> <p>Proporcionalidad entre la intensidad de la interacción (fuerza) y la velocidad</p> <p>Equilibrio En los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.</p>	Intervalos de tiempo Masas constantes Ausencia de fricción
Alcanzado 2	Cuerpos Superficies aceleración	<p>Interacción: La superficie sobre la que se mueve un cuerpo juega un papel importante en el movimiento (fricción)</p> <p>Proporcionalidad entre la fuerza y la aceleración</p> <p>En los cuerpos en reposo no actúan fuerzas.</p>	Intervalos de tiempo Masas constantes Ausencia de fricción

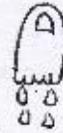
Mediante la estrategia se logró transformar los modelos de los estudiantes, pues 7/10 equipos coinciden en dos de las relaciones propuestas en el Modelo Científico Escolar de Arriba, quedando pendiente la relación de Equilibrio. Al lograr establecer una relación de proporcionalidad entre la fuerza aplicada y la aceleración, y no entre la fuerza y la velocidad, es posible modificar el que los estudiantes piensen que la dirección de la fuerza aplicada sea la misma que la dirección en la que se mueve el cuerpo.

7.2 Análisis de la aplicación de los modelos. Aplicación y Generalización

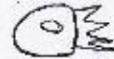
La fase de Aplicación y Generalización tuvo como propósito el que los estudiantes explicaran, con los modelos construidos el funcionamiento de un cohete espacial al despegar y ya que se encuentra en el espacio. A continuación se muestran cuatro de las explicaciones que dieron los estudiantes acerca del funcionamiento de un cohete al despegar y ya que se encuentra en el espacio.

¿Por qué una nave no necesita tanto combustible en el espacio?

* En su momento al despegar necesita combustible para así elevarse y salir de la atmósfera.



* Al llegar al espacio esta ya no necesita combustible puesto que no hay algo que la atraiga y así mantiene una velocidad o a la que llegaba por inercia...



* Esta se tiene que detener cuando al entrar a otra "atmósfera" la atrae y esta entrar en esta y así poder despegar.



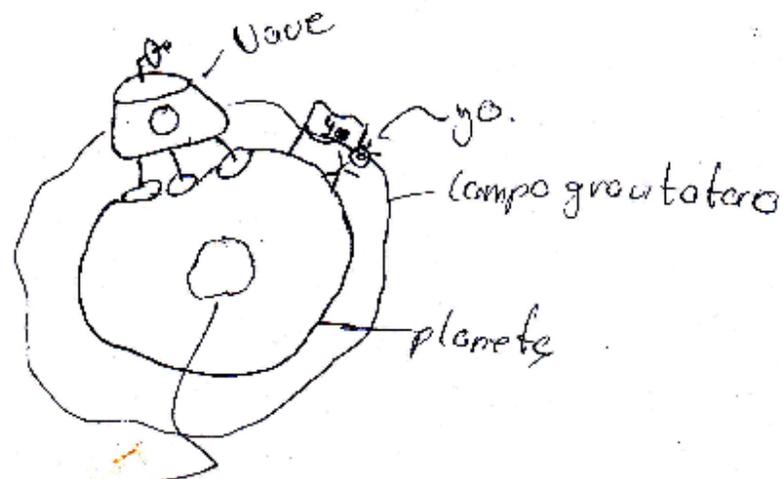
Thania Belém Zurita Cruz.

¿Porque una nave ^{espacial} NO necesita grandes cantidades de combustible para viajar en el espacio?

Solo necesita combustible para impulsarse al despegue y al salir de el campo gravitacional se mueve por inercia

Al aterrizar necesita un poco de combustible para que el impacto no sea tan fuerte y para impulsarse un poco mas...
al despegue.

para aterrizar tiene que ser atraído por el campo gravitatorio de un planeta.



donde proviene
la gravedad

Roberto Joel Leguina Lóts

Or que no hay fuerza de gravedad por lo tanto no hay nada que la detenga a seguir así hasta que entre a un campo gravitatorio

Luis Fernando castillo Vazquez jefe del equipo

Por q una nave espacial no necesita grandes cantidades de combustible para viajar en el espacio

X q pz cuando ests en el espacio hay como una tipo gravedad o ya sea una fuerza q la parte atrs haca ty sin necesidad de combustible solamente se utiliza al aterrizar pero no se necesita gravedad para atrs si no solo vido sin combustible flota como si fuera friccion hacen friccion al despegar y pz solo se mueve al despegarse x partes.

Brayan Ramon Gudino Alcaraz



Desprendimiento

En las cuatro explicaciones se hace mención de la necesidad del combustible al momento del despegue. Una vez en el espacio, en las dos primeras hacen uso de la palabra inercia para explicar el por qué el movimiento seguirá dándose a pesar de no tener grandes cantidades de combustible, aunque en las cuatro se habla de que en tanto no aparezca una fuerza que modifique el estado de movimiento, éste seguirá dándose, es decir en tanto no se acerque a un campo gravitatorio de otro planeta como lo explicitan tres de los equipos, otro lo llama “atmosfera” pero haciendo alusión al campo gravitatorio aunque no lo explicita como tal. Esto nos confirma cómo los modelos construidos durante la estrategia fueron aplicados en otros ámbitos diferentes a los vistos en clase, solo uno de los equipos menciona que existe una fuerza que lo hace moverse :“...en el espacio hay como una tipo gravedad” que hace moverse al cohete, sin embargo este mismo equipo menciona que el movimiento del cohete en el espacio se da debido al desprendimiento de sus partes, con lo cual consideramos que fue más allá de lo visto en clase, en el sentido de que está considerando sistemas en los cuales la masa no es constante y que la cantidad de movimiento de un cuerpo ($\mathbf{p}=\mathbf{mv}$), será constante a lo largo del movimiento, por lo que al perder masa la velocidad tendrá que aumentar.

Con base en lo anterior, consideramos que si bien no quedo cubierta una de las relaciones, la del equilibrio, con el diseño de la estrategia didáctica, sí se logró acercar los modelos construidos por los estudiantes durante la elaboración de la misma a modelos más cercanos a los construidos por la ciencia erudita.

CONSIDERACIONES FINALES

Derivado de la crisis existente en la Educación en Ciencias, manifestada en problemas de aprendizaje, se han abierto diferentes líneas de investigación que buscan encontrar la mejor manera de enseñar temas científicos. Consideramos que una de estas maneras es la modelización. Por ello se planteó diseñar una estrategia didáctica fundamentada en la modelización, como una manera alternativa de tratar el problema de aprendizaje relacionado con el abordaje del movimiento de los cuerpos (bajo una mirada newtoniana).

A partir del análisis de los resultados y de los modelos construidos por los estudiantes en las diferentes etapas de la estrategia didáctica aquí presentada, se puede concluir que no todos los estudiantes logran alcanzar el Modelo Científico Escolar de Arribo. Sin embargo sí se logró que los modelos iniciales evolucionaran a uno más cercano a éste. Esta evolución de los modelos escolares no difiere de lo que ocurre en realidad en la ciencia, pues se siguen formulando y reformulando explicaciones y modelos para entender y explicar de una mejor manera los fenómenos.

De acuerdo con la secuenciación de actividades propuestas por Sanmartí (2002) se plantearon actividades que tuvieran en cuenta las ideas previas de los estudiantes. Una de las dificultades encontradas en las diferentes etapas es que los alumnos no están acostumbrados a que se les pregunte qué es lo que piensan, La visión estereotipada de la ciencia promueve este tipo de actitudes, por lo que las discusiones al interior de los equipos fueron complicadas. Sin embargo, el pilotaje permitió que se hicieran las adecuaciones pertinentes para que se les proporcionara una serie de preguntas que facilitaran la discusión.

El contexto socioeconómico de la escuela en la cual fue aplicada la estrategia didáctica, no permitió trabajar siempre con el mismo grupo de estudiantes. Además su vocabulario era pobre y se reflejaba en la dificultad de introducir conceptos como sistemas de referencia, inercia y aceleración; por lo que la apropiación de estos conceptos no fue exitosa en cada uno de los alumnos, pero

citando las memorias de Feynman “*Hay diferencia entre el nombre de la cosa y lo que está detrás de ella*”.

Mediante las actividades de exploración se logró conocer las ideas previas sobre movimiento, encontrándose que no difieren de lo reportado en la literatura en diferentes niveles educativos (primaria, secundaria, bachillerato y licenciatura). A partir de las cuáles fue posible inferir tres modelos presentes en los estudiantes, estos no difieren tampoco de los modelos construidos históricamente: los cuerpos se mueven *per se*, la fuerza es una propiedad intrínseca de los cuerpos y se establece una relación de proporcionalidad entre la velocidad y la fuerza, la fricción está ausente.

A pesar de que las investigaciones sobre ideas previas acerca de fuerza y movimiento han sido exhaustivamente abordadas, la manera propuesta en este trabajo, la modelización, es una forma completamente innovadora pues no se encuentra en la literatura ningún trabajo en donde se aborde de esta manera.

Con las actividades de introducción de nuevos puntos de vista se lograron introducir los elementos ausentes en los modelos iniciales de los estudiantes, como la fricción y la aceleración. La lectura “Qué es la ciencia” permitió que la inercia apareciera como un elemento presente en las explicaciones acerca del movimiento. Si bien es cierto que no todos los estudiantes hacen uso explícito del término de fricción, sí logran identificar que al variar las condiciones de la superficie sobre la cual se desplaza un cuerpo, el movimiento de éste también se modifica. La implicación de esto es que dejan de atribuirle a la fuerza propiedades intrínsecas del cuerpo mismo. El otro elemento, la aceleración, también se hace presente en las explicaciones de los estudiantes, con lo cual se logró que los estudiantes incorporaran a sus modelos intermedios la relación de proporcionalidad entre la fuerza y la aceleración, tal como está propuesto en el modelo científico escolar de arriba. Con esto se logró que los modelos alcanzados por los estudiantes, si bien no es el propuesto por la Ciencia-pues son modelos construidos por los propios estudiantes- incorporaran algunos elementos

planteados por la disciplina científica. Aunque aún distan mucho de parecerse al modelo científico, evolucionaron a otros más cercanos al modelo propuesto: el Modelo Científico Escolar de Arribo.

Una carencia de la estrategia es que no contempló actividades que permitieran explicar las fuerzas que actúan en un cuerpo en reposo, por lo que los estudiantes no lograron modificar la relación de fuerzas equilibradas. Con lo cual el modelo de Interacciones, con el que se pretende explicar el fenómeno de movimiento, parece incompleto. Sin embargo, para poder incorporar el concepto de equilibrio de fuerzas es necesario previamente abordar la suma de vectores, aunque sea ésta de una manera gráfica.

Mediante la estrategia didáctica los estudiantes fueron capaces de transferir los modelos construidos, pues lograron explicar el por qué no necesitan depósitos enormes de combustible los cohetes al viajar en el espacio, pues en sus explicaciones figura la inercia, lo cual da cuenta de la Aplicación y Generalización de los Modelos construidos por lo estudiantes.

La mecánica newtoniana es un tema muy extenso que difícilmente puede abarcarse en ocho sesiones. Sin embargo es de suma importancia su abordaje pues podría decirse que la mecánica es a la física lo que el esqueleto al cuerpo humano y es el punto de arranque de la ciencia moderna.

Considero que la estrategia planteada en esta tesis, brindó otro significado a la forma en cómo tradicionalmente es concebido el proceso de enseñanza y la postura de aprendizaje asignada a los estudiantes, pues la enseñanza tradicional en física se ha basado más en aplicación de fórmulas y aprendizaje memorístico de conceptos más que en el análisis y construcción activa de representaciones

Si bien se hace en este trabajo una revisión de los diferentes modelos que se han construido a lo largo de la historia con relación al movimiento, esta evolución no se incorpora a la estrategia misma. Considero que, además de elaborar estrategias didácticas basadas en la modelización y siguiendo la secuenciación de actividades

de Sanmartí (2002) sería necesario incorporar en éstas, aspectos relacionados con la historia de la ciencia; no como una memorización de fechas, sino estrategias que incorporaran la manera como procedieron los científicos para llegar a los modelos actuales.

Al hacer una evaluación general, considero que la modelización es una forma diferente y útil de abordar este problema de aprendizaje Sin embargo, en tanto los profesores no cambiemos la conceptualización misma de la enseñanza hacia un proceso de construcción social y la de aprendizaje misma, así como nuestra visión de la naturaleza de la ciencia, las estrategias didácticas serán de poca utilidad.

REFERENCIAS

- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*. 15 (3), 210-217.
- Candela, A. (1991). Investigación y desarrollo en la enseñanza de las ciencias. *Revista Mexicana de Física* 37. No. 3, 512-530.
- Carey, S. (1992). The origin and evolution of everyday concepts. In R. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science. Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Vol. XV (pp.92 –128), Minneapolis, M. N.: University of Minnesota Press.
- Carracosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 2(3), 388-402.
- Carretero, M. (1997) ¿Qué es el constructivismo? En Carretero, *Constructivismo y educación*. “Desarrollo cognitivo y aprendizaje”. pp. 39-71. México: Progreso.
- Chevallard, Y, (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chi M., T. H. (1992). Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. En R. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science. Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Volume XV (pp. 129-186). Minnesota, Ma.: University of Minnesota Press.
- Coll, (1996) Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre de la misma perspectiva epistemológica. Anuario de psicología, 1996 - no69, 153-178 Facultad de Psicología Universidad de Barcelona.

- Cubero, R. (1994). Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales ... ¿distinta terminología y un mismo significado?. *Investigación en la Escuela*, 23, 33-42.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1996). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-120.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.
- Feynman, R.P. (1996). En *Lecturas La enseñanza de la Física en la escuela secundaria*. Programa Nacional de actualización docente, pp. 101-108.
- Ernest, P. (1995). The one and the many. En L.P. Steffe y J. Gale (Eds.) *Constructivism in Education* N.J.: Lawrence Erlbaum. 459-586.
- García, M. y Sanmartí, N. (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En M. Quintanilla y A. Adúriz-Bravo (Eds.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. (pp.279-297). Ediciones Universidad Santiago de Chile: Santiago de Chile.
- Giere, R. (1999). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, 9-13.
- Giordan, A. (1985). Des representations des élèves a l'appropriation de quelques concepts scientifiques. In A. Giordan (Ed.), *Reconstruire ses savoir* (pp. 113-127). Paris: Messidor.
- Giorgi, S., Concari, S y Pozzo, R., (2005). Un estudio sobre las investigaciones acerca de las ideas de los estudiantes en fuerza y movimiento. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 83-95, 2005.

- Gómez, A.A., (2005) *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: una visión escalar* (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona: España).
- Gunstone, R. F. & Watts, D.M. (1985) Force and motion. En R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 84-104). Milton Keynes, Philadelphia: Open University Press.
- Ioannides, C. & Vosniadou, S. (2001). The changing meanings of force: A developmental study. In D. Psillos, Kariotoglou, P. , Tselfes, V. , Bisdikian, G. , Fassoulopoulos, G. , Hatzikraniotis, E. , Kallery, M. (Ed.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 1* (pp. 96-98). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki.
- Izquierdo-Aymerich, M., Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M.P., Pujol, R.M. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, 79-91.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*. 17(1), 45-59.
- Jiménez G., E., Solano M., I. y Marín M. N. (1997). Problemas de terminología en estudios realizados acerca de "lo que el alumno sabe" sobre ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 15(3), 309-328.
- Juárez, A., Juárez, J., Martínez, E. y Juárez, L. (2004). Fomentando el cambio conceptual. *Ciencia y Desarrollo*. 30 (174), 45-51.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*. 24 (2), 173-184.

- López-Mota, A. D. (2011). *Una Nueva Forma de Aproximarse al Diseño y Prueba de Estrategias Didácticas*. Conferencia presentada en la IX Reunión Nacional de UPN Natura Red, Pachuca, 23 de septiembre, (paper).
- Nersessian, N. (1992). How Do Scientist Think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. En R. Giere (Ed.), Cognitive Models of Science. Minnesota Studies in the Philosophy of Science. Volume XV. (pp. 3-44) Minnesota E.U.A.: University of Minnesota Press.
- Palmer, D., Flanagan, R. (1997). Readiness to change the conceptions that "motion-implies-force": A comparison of 12-year-old and 16-year-old students. *Science Education*, 81(3), 317-331.
- Pozo, J.I: (2007, en prensa). Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional. En *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*, Pozo, J. I y Flores, F. (editores), Antonio Machado Libros, Madrid: OREALC-UNESCO/Universidad de Alcalá.
- Rodríguez, D. P. (2007). *La Ciencia desde el Punto de Vista Filosófico: Empirismo, Positivismo Lógico, Racionalismo, Racionalismo Crítico, Constructivismo y, el Perfil Epistemológico*. (Tesis doctoral, Universidad Pedagógica Nacional, D.F. México). recuperado de <http://biblioteca.ajusco.upn.mx/pdf/24355.pdf> el 30 de enero de 2011.
- Sanmartí, N. (2002)., *didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*, . Madrid: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N. y Izquierdo M. (1997). Reflexiones en torno a una ciencia escolar. *Investigación en la escuela*, 32,pp.51-62.
- SEB/SEP (2006). *Educación Básica. Secundaria. Ciencias. Programas de estudio 2006*.México, D. F.: SEP.

- Solano, I., Jiménez-Gómez, E. y Marín, N. (2000). Análisis de la metodología de lo que el alumno sabe, *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), 171-188.
- Strike, K. & Posner, G. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. En L. H. T. Pines & A. L. West (Eds.), Cognitive Structures and Conceptual Change (pp. 211-232). Orlando, Florida: Academic Press.
- Twigger, D., Byard, M., Driver, R., Draper, S., Hartley, R., Hennessy, S., Mohamed, R., O'Malley, C., O'Shea, T., & Scanlon, E. (1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: an interview study designed to guide instruction. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 215 – 229.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education* 1, 205-222.
- Wandersee, J., Mintzes, J. & Novak, J. (1994). Research in alternative conceptions in science. En D. Gabel (Ed.), Research Handbook on Research on Science, Teaching and Learning (pp. 177-210). New York, N.Y.: McMillan Pub.
- Watts, D. M. & Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some childrens' ideas about force. *Physics Education*, 16, 360 - 365.
- Watts, M. (1983). A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 5(2), 217-230.
- White, R., Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London, UK: The Falmer Press

ANEXOS

ANEXO 1 (CUESTIONARIO)

INSTRUCCIONES: Resuelve las siguientes preguntas explicando tu respuesta.

1.-Pon una cruz en el recuadro del objeto que creas que es más fácil de poner en movimiento



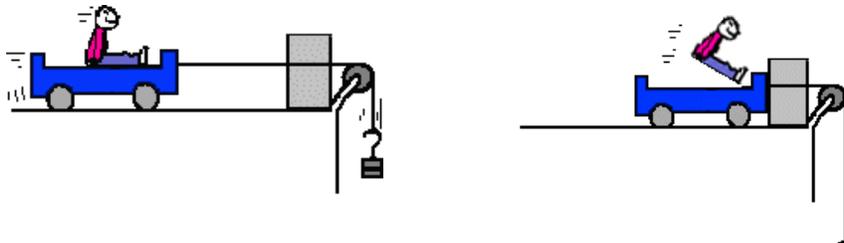
Explica tu respuesta:

2.-Pon una cruz en el recuadro del objeto que creas que es más fácil detener



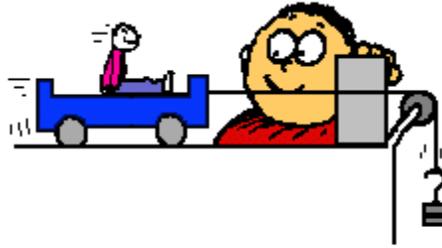
Explica tu respuesta:

3.-¿Qué es lo que hace que el muñequito salga volando?



Explica tu respuesta:

4.- ¿Observa la figura e indica con cuál de las siguientes afirmaciones estás de acuerdo?



Con respecto al carrito, el muñeco está en movimiento.

Con respecto al niño, el carrito está en movimiento.

Con respecto al muñeco, el carrito está en movimiento.

Explica tu respuesta:

5.- ¿Observa la figura e indica con cuál de las siguientes afirmaciones estás de acuerdo?



Con respecto al tren, el muñeco está en movimiento.

Con respecto a las vías, tanto el tren como el muñeco están en movimiento.

Con respecto al muñeco, el tren está en movimiento.

Explica tu respuesta:

6.- ¿Observa la figura e indica con cuál de las siguientes afirmaciones estás de acuerdo?



Con respecto al tren, la mujer está en reposo.

Con respecto a los árboles, la mujer está en reposo

Con respecto a los árboles, el tren está en reposo

Explica tu respuesta:

7.- Observa la figura e indica qué fuerzas actúan sobre el jarrón



ANEXO 1-BIS

PREGUNTAS CLAVE QUE GUÍAN LA DISCUSIÓN REFERENTE A LAS PRIMERAS TRES PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO:

- 1.-Si se cambiara la piedra por una de utilería, como las utilizadas en el cine, sus respuestas seguirían siendo las mismas.
- 2.-Si te dijeran que tanto el balón como el tráiler, se mueven con la misma velocidad, sus respuestas seguirían siendo las mismas.
- 3.-¿Qué ocurriría con el muñequito si este trajera puesto un cinturón de seguridad?

Posterior a la presentación del Video de “Marcos de Referencia se le proporcionaron a cada equipo las siguientes preguntas

PREGUNTAS CLAVE QUE GUÍAN LA DISCUSIÓN REFERENTE A LAS ÚLTIMAS TRES PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO:

Referente a la pregunta 4:

Si se considera como sistema de referencia al niño ¿El carrito se mueve? ¿El muñeco se mueve?

Si se considera como sistema de referencia al carrito. ¿El muñequito se mueve? ¿El niño que observa se mueve?

En la pregunta 5:

Para una persona que vaya arriba del tren ¿El individuo que va “amarrado al tren se mueve? ¿Las vías del tren se mueven?

En la pregunta 6:

Para una persona que se quede en el andén ¿La chica que va sentada en el tren se mueve? ¿Los árboles se mueven?

Para otro pasajero en el tren ¿La chica se mueve? ¿Los árboles se mueven?

Finalmente, para la pregunta 7

¿Es posible que un objeto esté en reposo con respecto a un sistema o marco de referencia y en movimiento con respecto a otro?

ANEXO 2 (ACTIVIDAD 1)

En equipos de tres realizarán las siguientes actividades:

- Coloca un carro sobre una superficie que este nivelada o en el piso y da un golpe instantáneo al carro,

¿Qué le ocurrió al carro?

¿Qué es lo que hace que el carro se mueva?

¿Qué hizo que se detuviera el carro?

- Coloca una canica sobre un carrito y jala repentinamente el carro

¿Qué le ocurre a la canica? ¿A qué crees que se deba?

Explica qué es lo que sucede en cada actividad

ANEXO 2-bis

1.-Si un objeto se encuentra en reposo ¿Qué será necesario hacer para que deje de estarlo?

2.- ¿Cómo se encontraban la pelota y la caja antes de que jalaran la caja?

3.- ¿Realmente la pelota se fue hacia atrás?

4.-¿Creen que a la pelota le haya pasado lo mismo que a la moneda? Si su respuesta es sí ¿qué significa esto?.

ANEXO 3

Fragmento de ¿Qué es la ciencia? Richard P. Feynman

Cuando todavía era pequeño, no sé la edad exacta, llevaba una pelota en el carro del que iba tirando y me di cuenta de algo, así que corrí a decirle a mi padre:

–Cuando tiro del carro la pelota rueda hacia atrás, y cuando corro con el carro y me paro, la pelota rueda hacia delante. ¿Por qué?

¿Cómo contestarían ustedes? Mi padre dijo:

–¡Eso nadie lo sabe! –y añadió–: Sin embargo, es muy común, siempre sucede con todo: cualquier cosa que está quieta trata de quedarse igual. Si te fijas bien verás que la pelota no corre hacia atrás cuando empiezas a mover el carro. Se mueve un poco hacia delante, pero no tan aprisa como el carro. La parte trasera del carro alcanza a la pelota, que tiene dificultades para empezar a moverse. Ese principio se llama inercia.

Regresé a verificar lo explicado por mi padre y, efectivamente, la pelota no rodó hacia atrás. Mi padre estableció claramente la diferencia entre lo que sabemos y el nombre que le damos.

ANEXO 4 (ACTIVIDAD 2)

- Esta actividad consiste en que a un carro se le aplique la misma fuerza en tres situaciones diferentes, para lograr que en cada caso se ejerza la misma fuerza construirán un dispositivo que se asemeje a una resortera. Además Construirán tres pistas con diferentes materiales: lija, cartón y plástico

a) Coloquen el carro sobre una de las pistas y den un golpe instantáneo al carro

b) repitan el mismo proceso sobre cada una de las otras dos pistas

¿Qué le ocurrió al carro?

Explica qué es lo que sucede en esta actividad.

ANEXO 4-bis

P1.- ¿El golpe ejercido al carro en cada una de las pistas fue diferente?

P2.- ¿Las distancias recorridas por el carro en cada una de las pistas fueron diferentes?

P3.- ¿Qué es lo que hace esta diferencia?

P4.- ¿Qué es lo que cambió?

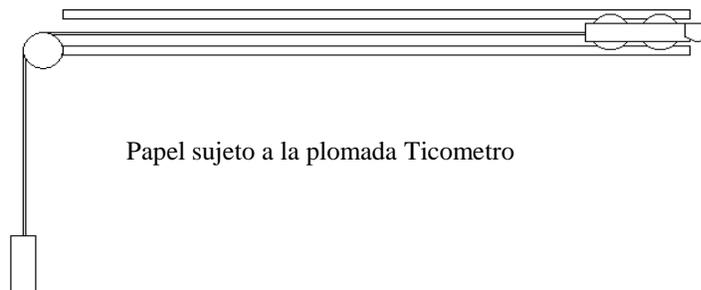
P5.- ¿Qué es lo que hace que el carro se detenga en cada uno de los casos?

ANEXO 5 (ACTIVIDAD 3)

Para el desarrollo de esta actividad necesitarán el siguiente material:

- ticómetro
- papel para ticómetro
- papel carbón
- 1 polea
- 1 plomada
- 1 carrito

Con el material prepararán el siguiente dispositivo como se muestra en la figura.



Adapten el carrito a uno de los extremos del papel para ticómetro, y en el otro extremo la plomada, coloquen el papel carbón entre el brazo del ticómetro y el papel para ticómetro. Tras colocar los papeles, papel carbón y papel para ticómetro, en el dispositivo suelten la plomada, observen el comportamiento del carrito y realicen la medición de los desplazamientos para cada intervalo de tiempo. Comenten lo observado y expliquen posibles causas.

ANEXO 5-bis

ACCIONES Y PREGUNTAS CLAVE QUE GUÍEN LA DISCUSIÓN ACERCA DE LA ACTIVIDAD 3:

- 1.- ¿Qué crees que sucederá al soltar la plomada?
- 2.- ¿Cómo será su velocidad al principio del recorrido?
- 3.- ¿Cómo será su velocidad al final del recorrido?
- 4.- ¿Hubo un cambio en la velocidad? ¿A qué crees que se deba?
- 5.- Dibuja la gráfica de las distancias recorridas

ANEXO 6

Un promocional de automóviles dice así:

No hay palabras. La aceleración del BMW 135i sale al descubierto



Los chicos de *Car And Driver* han probado el pequeño coupé deportivo de los bávaros y se han quedado rotundamente, al igual que nosotros, sin palabras. Sólo podemos decir que BMW puede haber superado sus propias expectativas..... Al grano:

Aunque sobre especificaciones oficiales el BMW 135i acelera de 0 a 100 kilómetros por hora en 5.2 segundos, los probadores del magazine han registrado la cifra de... **¡4.7 segundos!**

Si todos los automóviles, inclusive los más modestos, son capaces de alcanzar la velocidad de 100 Km/h como lo anuncian en este promocional. ¿Cuál sería la diferencia entre el BMW y un Volkswagen sedán? ¿Conoces otro automóvil que alcance los 100 Km/h en menos tiempo?.

Anexo 7 Viajando en el espacio



