

Razonamiento físico

C. Calderón^{1,*}

¹ Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. Colombia

Resumen

Se realiza una primera aproximación crítica hacia las formas de razonamiento utilizadas por estudiantes de física a nivel universitario en Colombia, pretendiendo detectar y sistematizar sus características generales, y algunas de sus fallas más notables. Para lograr este propósito, inicialmente se llevó a cabo una revisión bibliográfica acerca de lo que algunos autores consideran que es razonar, sus características y desaciertos. Luego, se pidió a estudiantes universitarios de primer y tercer semestre que realizan sus estudios de física, que respondieran a una pregunta que no requería conocimientos especializados en física para contestarla correctamente. Con base en los procedimientos que los estudiantes efectuaron para responder a la pregunta se analizaron las características principales de sus razonamientos y sus fallas.

Se encontró que la falla más reiterada es la tendencia a la simplificación del procedimiento, omitiendo información suministrada en la descripción de la situación inicial. También, que presentan dificultades al razonar cuando deben tener en cuenta variables relacionadas entre sí.

Palabras claves: Razonamiento, física, operaciones intelectuales, cuestión problemática.

Abstract

A first critical approach to the reasoning ways physics university students use in Colombia, was carried out. The aim was to detect and systematize the general characteristics and some remarkable flaws of their reasoning. To attain a bibliographic review was made, considering what some authors define as "reasoning", its process and its difficulties. Afterwards, some first and third semester physics students were asked to answer a question not requiring specialized physics knowledge. Based on the procedure the students followed to answer it, the main characteristic and flaws of their lines of reasoning were analyzed.

It was found that the most repeated mistake is the tendency to the procedure simplification, omitting information provided in the description of the initial situation. Also, the students showed difficulties for reasoning when they must take into account related variables linked to each other.

*: clcalderont@unal.edu.co

1. Introducción

Varias investigaciones han señalado que las fallas en las formas de razonamiento y la persistencia en las pre-teorías son las causas principales para que una persona no comprenda correctamente los contenidos de las teorías científicas. En este trabajo se trata sólo el primero de los factores mencionados, utilizando como ejemplo un caso específico tanto en tema como en población estudiada. Esto significa que los resultados no se pueden generalizar a todos los tópicos y estudiantes de física de las universidades en Colombia. Sin embargo, debe ser una voz de alerta para cuestionarnos, tanto docentes como estudiantes, con respecto a si el proceso de enseñanza-aprendizaje en el cual estamos comprometidos es el más adecuado. Se deben hacer más estudios para conocer las características del razonamiento de los estudiantes, e investigar otros factores que hacen que el aprendizaje no sea significativo.

2. El desarrollo de las operaciones intelectuales

Tratar de caracterizar un razonamiento adecuado no es un trabajo sencillo; la elaboración de este esquema amerita una cuidadosa reflexión que se inicia y toma como punto de referencia las ideas de Piaget [1, 2]. De alguna manera, es importante recordar todo ese conjunto de características del pensamiento que permiten la evolución del razonamiento del individuo, desde su infancia hasta su edad adulta.

El punto de partida de las operaciones intelectuales hay que buscarlo en un primer período del desarrollo del individuo. En este período senso-motor, que va desde los cero a los dos años, la inteligencia es totalmente práctica: ya se observa un esfuerzo por comprender las situaciones. La inteligencia se manifiesta en acciones sensorio-motoras, y conducirá a la construcción de esquemas de acción que servirán de sub-estructuras a las estructuras operatorias y nocionales posteriores. Esta etapa se caracteriza por la formación del esquema de permanencia de los objetos sólidos (adquirido hacia los 9-10 meses de edad), y la construcción de relaciones causales referentes a la construcción del objeto, el espacio y el tiempo (movilidad reversible).

Hacia los dos años comienza un segundo período que va hasta los siete u ocho años: el período pre-operatorio caracterizado por la formación de la función simbólica y semiótica. Esta función le permite al individuo representar objetos o acontecimientos no perceptibles en la actualidad, mediante símbolos o signos diferenciados como son el juego simbólico, la imitación diferida, la imagen mental, el dibujo y sobre todo el lenguaje.

En este estadio el niño no ha construido las nociones elementales de conservación: por ejemplo se imagina que una colección dividida en dos partes es mayor en cantidad con relación al todo inicial, o que la cantidad de líquido que hay en un vaso A aumenta si se vierte el líquido en un vaso B más largo, etc.

A los siete u ocho años comienza un tercer período: el de operaciones concretas. En este período se forman las operaciones de clasificación y correspondencia, y el encadenamiento de las relaciones $A < B < C$ las cuales son el origen de la seriación y dan lugar a los números, las separaciones espaciales y los desplazamientos ordenados de donde surge la medida. Pero estas operaciones nacientes sólo se refieren a objetos y no a hipótesis enunciadas verbalmente bajo la forma de proposiciones (de aquí la inutilidad de los discursos en las clases de enseñanza primaria y la necesidad de una enseñanza concreta). En este estadio también aparece la noción de conservación de masa.

Finalmente, hacia los once o doce años aparece un último período: el de las operaciones formales en el cual el equilibrio se alcanza hacia los diecisiete o dieciocho años. Durante este estadio el individuo atraviesa por un período caracterizado por una nueva forma de razonamiento que lo llevará a un equilibrio definitivo en su pensamiento al realizar operaciones. Esta nueva forma de razonamiento no se refiere sólo a objetos o a realidades directamente representables sino a proposiciones de las que se pueden extraer las consecuencias necesarias, sin decidir sobre su veracidad o falsedad, antes de haber examinado el resultado de estas implicaciones. Esta manera de razonar es la que caracteriza al pensamiento formal como hipotético-deductivo con el cual la persona coordina hechos que se relacionan con lo posible, realiza síntesis de lo posible y objeta acerca de la veracidad o falsedad de proposiciones.

En el nivel del pensamiento formal el individuo está en capacidad de demostrar que una afirmación, ya sea particular o generalizada, es verdadera o falsa realizando todas las combinaciones posibles de los factores que intervienen en la situación. Cada combinación se obtiene variando solo un factor y dejando constantes todos los demás.

En este período la conservación del volumen y por lo tanto de densidad son plenamente comprendidas por el sujeto, como consecuencia de la adquisición del esquema de proporciones, el cual le permite relacionar adecuadamente los cambios de forma del objeto con las variables espaciales. Además, la persona puede distinguir y coordinar inversiones y reciprocidades, por ejemplo aumentar o disminuir una fuerza en una de las partes del sistema y compensar una fuerza por otra equivalente.

Para terminar, es muy importante tener en cuenta que cada etapa del desarrollo cognitivo está relacionada con la anterior, de tal manera que un razona-

miento formal se estructura a partir de la superación y evolución de una serie de razonamientos característicos de etapas anteriores.

2.1. El caso del equilibrio de la balanza

Según Piaget [2] “Cuando dos pesos desiguales P y P' se equilibran a distancias desiguales del eje L y L' , es porque, para desplazarlos a alturas H y H' que corresponden a estas distancias, los trabajos PH y $P'H'$ son iguales. Se tiene entonces la doble proporción (inversa): $P/P' = L'/L = H'/H$. Por lo tanto, el descubrimiento de la ley supone la construcción de la proporción $P/P' = L'/L$ y que encontrar su explicación implica la comprensión de la proporción $P/P' = H'/H$ ”

En cuanto a los resultados del estudio de cómo se elabora este esquema de la proporcionalidad en el problema del equilibrio de la balanza, Piaget señala [2]: “la noción de las proporciones sólo aparece en el estadio formal del nivel IIIA (11-13 años aproximadamente.). Esta ley de las proporciones en la balanza será totalmente clara en el subestadio IIIB” ($\sim 14\text{-}\sim 18$ años). “El esquema de proporcionalidad se construye en forma natural antes de cualquier enseñanza ayudado por experimentaciones en el estadio de las operaciones concretas”

3. El razonamiento

Varios autores han intentado conceptualizar acerca de qué es el razonamiento, o acerca de las reglas y métodos del buen razonamiento: Así por ejemplo Hull [3] afirma que el razonamiento es “el ensamble de segmentos de conducta en nuevas combinaciones que sean apropiadas para la solución de problemas”, mientras que para Maier y Schneirla [4] “es la combinación de experiencias aisladas” Mario Carretero y Juan García Madruga [5] dicen que “es un proceso que permite al sujeto extraer conclusiones a partir de premisas o acontecimientos dados previamente, es decir, obtener algo nuevo a partir de algo ya conocido” Alexeiev Mitrofan por su parte sostiene que “es el nexos entre los juicios, con el cual, sobre la base de uno o varios de ellos, se forma uno nuevo” [6].

Los autores mencionados anteriormente coinciden en asociar el razonamiento con conductas y experiencias previas del sujeto. Es importante resaltar que de acuerdo con Hull, Maier y Schneirla el proceso de razonamiento al resolver una cuestión, conlleva una serie de asociaciones entre experiencias pasadas. Cada una de esta serie de asociaciones conduce al sujeto a generar una respuesta, convirtiéndose el proceso de razonamiento en una secuencia

completa de respuestas. De esta manera cada una de las respuestas que obtenga el sujeto, y consecuentemente la respuesta final al cuestionamiento depende de las experiencias previas que este posea.

Según las ideas expuestas por Mario Carretero y Juan García Madruga, el proceso de razonamiento al resolver una cuestión problemática se caracteriza por su selectividad, al excluir varias ideas que no conducen o que no son necesarias para resolver el problema al que el individuo se enfrenta.

Una segunda propiedad del razonamiento al resolver una cuestión, es el flujo de pensamientos necesariamente relacionados con el problema en cuestión. Las únicas veces que surgen pensamientos no relacionados son aquellas en las que el sujeto se distrae, o la frustración hace que abandone sus esfuerzos por resolver la cuestión.

Finalmente, el razonamiento también se caracteriza por el orden en que suceden los pensamientos: estos proceden desde la situación inicial y continúan representando una serie de situaciones intermedias que van acercándose a la situación final requerida, de tal forma que cuando el sujeto ha resuelto la cuestión se ha completado una serie de pensamientos que constituyen la cadena de solución de la cuestión problemática.

Es necesario aclarar que pueden existir pensamientos que conduzcan al sujeto a soluciones incorrectas o a cuestionamientos sin solución, los cuales él identifica dentro del proceso de razonamiento y los excluye oportunamente.

Cada uno de los pensamientos que se suceden durante el proceso de solución, debe estar unido al siguiente mediante un paso legítimo; es decir, el paso de un pensamiento al siguiente en forma correcta, es lo que constituye en esencia el razonamiento.

Los pasos legítimos entre pensamientos son de gran importancia pues son los que determinan si se obtendrá o no la solución correcta al cuestionamiento del cual se ocupa el sujeto. En cada tipo de problema varía lo que constituye un paso legítimo. Así, en el razonamiento lógico y matemático, un paso legítimo lo constituye una operación que obedece las reglas del sistema y que no contradice los axiomas establecidos; en el campo de la física lo es aquel que está de acuerdo con las leyes que la rigen.

El paso en forma correcta de un pensamiento a otro lo describe el fisiólogo ruso Sechenov [7] como un proceso que corresponde a una respuesta de ajuste del sujeto que hace que una representación de un objeto o situación reemplace a la anterior. Por su parte Piaget va más allá del plano puramente mental, al contemplar el paso legítimo como aquella respuesta del individuo, que produce cambios en el ambiente físico, destinada a reemplazar una situación de estímulo por otra.

3.1. Esquema del razonamiento adecuado

Al obtener la solución correcta a una cuestión el individuo ha realizado un proceso de razonamiento adecuado para tal fin. Este proceso de razonamiento lo esquematiza Herbert Simon [8] tomando como base las teorías del procesamiento de la información, las cuales proporcionan una de las explicaciones más satisfactorias, acerca del proceso de razonamiento que lleva a cabo una persona adulta al resolver correctamente una cuestión:

La solución de una cuestión problemática comienza con la recolección de información en forma secuencial, incorporando sucesivamente información disponible acerca de la cuestión. Esta información es almacenada en la memoria de corto plazo del sujeto, la cual tiene capacidad para sólo unos pocos símbolos -entre 4 y 7- que le son familiares.

El hecho de que el individuo posea información acerca de la situación problemática no es suficiente para que inicie la búsqueda de la solución correcta: la persona debe representarse en forma familiar la situación que le es presentada. Esta representación le servirá para determinar de qué manera abordará el cuestionamiento y para establecer las estrategias que utilizará en el proceso. Esto significa definir los movimientos lícitos o pasos legítimos para pasar de un estado de conocimiento a otro; entendiendo el estado de conocimiento como aquello que sabe el sujeto acerca de una cuestión problemática, en un momento concreto.

La forma de abordar el cuestionamiento es fundamental; con base en ella el sujeto va determinando a qué estado de conocimiento inmediatamente siguiente debe pasar, para aproximarse cada vez más a la solución del cuestionamiento. También posibilita el retroceder al estado de conocimiento anterior, si se tienen indicios de que el estado de conocimiento en el que se encuentra, no lo conducirá a la solución exitosa del cuestionamiento. Esta característica de devolución a un estado de conocimiento anterior en el razonamiento humano es la que describe Piaget como la capacidad de invertir un error y regresar al último punto alcanzado sobre la línea correcta del pensamiento, la cual requiere aplicar operaciones inversas a las que resultaron ser erróneas.

La búsqueda de una solución a un cuestionamiento, es un camino que va construyendo el razonamiento de la persona, a partir de su representación familiar. Dicho camino va de un estado de conocimiento a otro, hasta que el estado de conocimiento final incluye la solución del cuestionamiento. El paso de un estado de conocimiento a otro se hace válido siempre que tenga en cuenta los principios (por ejemplo físicos) que rigen la situación problemática en particular.

3.2. Posibles causas que impiden la solución exitosa de una cuestión problemática

En el proceso de razonamiento seguido por un adulto al resolver una cuestión problemática, pueden existir fallas que impidan la obtención de la solución correcta. Tomando como base la experimentación con sujetos al solucionar cuestiones problemáticas, de investigadores tales como Mario Carretero y Juan García Madruga [5], Henle [9], Daniel Berlyne [10], y Ceraso y Provitera [11] se puede plantear que la representación familiar que el sujeto hace en su mente de la situación problemática, puede facilitar el proceso de obtención de la solución, o también puede ser un impedimento si contiene concepciones o creencias erróneas. Estas creencias equívocas pueden cambiar el significado de las leyes que rigen la situación problemática al propiciar razonamientos acordes con las concepciones erradas. A este respecto Ceraso y Provitera han podido comprobar que las interpretaciones erróneas constituyen una falla muy común entre los sujetos al solucionar una cuestión problemática.

Otra causa que afecta la solución exitosa de un cuestionamiento la constituye la dificultad del sujeto para tener en cuenta simultáneamente todas las condiciones o restricciones de la situación problemática y sus respectivas implicaciones, aunque en ocasiones cada una de estas condiciones por sí misma no conlleve un alto grado de complejidad.

La tendencia a la simplificación del procedimiento, omitiendo información suministrada en la descripción de la situación inicial, también se cataloga como una de las fallas en el proceso de razonamiento, al igual que las interpretaciones incompletas.

Otra falla en el razonamiento es no confirmar las inferencias extraídas durante el proceso de razonamiento, mediante la utilización de contraejemplos. De esta forma, no considera la posibilidad de regresar al estado de conocimiento anterior, para continuar con la búsqueda de la solución al cuestionamiento.

4. Cuestión

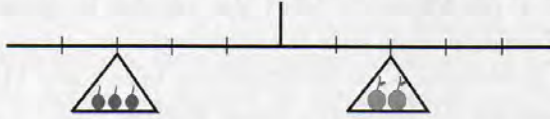
Para evidenciar la existencia o no de las características y fallas de razonamiento planteadas anteriormente, se les presentó a los estudiantes universitarios de primer y tercer semestre la cuestión problemática ilustrada en la figura 1.

A partir de la situación de equilibrio mostrada, el estudiante debe establecer una relación entre la masa de una ciruela, la de una naranja y la distancia de tres y dos unidades indicadas en la figura, apoyándose en la ley de las palancas:

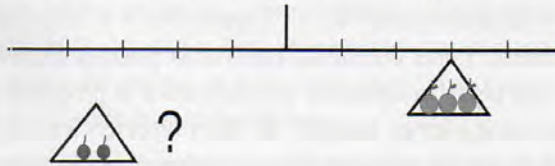
$$3m_c 3u = 2m_n 2u \quad 2m_c X = 3m_n 3u$$

con m_c = masa de una ciruela, m_n = masa de una naranja, u = una unidad arbitraria de distancia y X expresa la distancia pedida.

Tres ciruelas se equilibran con dos naranjas tal como lo muestra la figura



Si ahora se van a equilibrar dos ciruelas con tres naranjas



¿Dónde se deben colocar las ciruelas para que la balanza quede equilibrada nuevamente?

Suponga que las frutas de cada especie son idénticas entre sí incluyendo sus masas, y que la masa de la balanza es despreciable

Figura 1. Cuestión problemática presentada a los estudiantes.

Pero una persona que no tenga dominio sobre estos procesos formales podría intentar secuencias como la de establecer en donde se debe colocar una ciruela para equilibrar a las dos naranjas (9 unidades), para luego considerar que una sola naranja tendrá que correrla cuatro unidades. Con base en esta relación (1 ciruela a 9 unidades y 1 naranja a 4 unidades), aunque de manera no inmediata ni sencilla podría inferir la localización solicitada.

De todas formas es evidente que la rigurosidad en la secuencia de consideraciones y razonamientos exigen un amplio dominio de las características más esenciales que el álgebra sencilla tiene en circunstancias como la ley de las palancas.

4.1. Clasificación de las respuestas dadas a la cuestión y análisis

Las respuestas dadas por los estudiantes se clasificaron según los rasgos más característicos de los razonamientos seguidos para resolver la cuestión, y luego se rotularon con las letras del alfabeto. La respuesta *tipo A* corresponde a secuencias de razonamientos que conducen a la solución exitosa de la cuestión presentada; la respuesta *tipo G* indica que el estudiante no responde, y las demás respuestas se agruparon y clasificaron desde *tipo B* hasta *F*

Los ejemplos de cada tipo de respuesta, presentados a continuación, corresponden a transcripciones textuales.

Ejemplo de respuesta tipo A

“ W_n es el peso de las naranjas y W_c es el peso de la ciruelas.

En la figura 1

$$3W_c 3d = 2W_n 2d$$

$$9W_c d = 4W_n d$$

$$9/4 W_c = W_n$$

En la figura 2

$$2W_c Xd = 3W_n 3d$$

$$2W_c Xd = 3(9/4) 3d$$

$$2W_c Xd = 81/4 W_c d$$

$$X = 81/8$$

Se deben colocar las dos ciruelas a una distancia de $81/8$ del punto de apoyo”

4.2. Ejemplo de respuesta tipo B

“En la figura 1

$$W_1 d_1 = W_2 d_2$$

donde W_1 y W_2 son el peso de las ciruelas y naranjas respectivamente; d_1 y d_2 son las distancias de separación al punto de equilibrio.

En la figura 2

$$2X = 3 \times 3$$

$$X = 9/2$$

$$X = 4,5$$

que es la distancia a la cual se deben colocar las ciruelas”

A partir de la relación de compensación entre peso y distancia encontrada en la figura 1, el estudiante multiplica la cantidad de ciruelas y de naranjas por la distancia al punto de apoyo, y obtiene el sitio donde deben estar ubicadas dos ciruelas suponiendo que el peso de las naranjas y las ciruelas equivale a una unidad.

Ejemplo de respuesta tipo C

“Como las tres ciruelas se equilibran a tres unidades, al colocar una naranja se corrió un espacio, luego si quitamos una ciruela deberá acercarse una unidad al punto de apoyo.

$$\begin{array}{r} 3N - \quad \quad \quad -3u \\ 2C - - - - - X \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad X = 2u'' \end{array}$$

Por la simetría del problema el estudiante establece una regla de tres por su familiaridad con ella. Relaciona la cantidad de ciruelas y naranjas con la distancia a la cual están ubicadas y de manera intuitiva ubica las ciruelas separadas dos unidades de distancia del punto de apoyo. Sólo tiene en cuenta una de las dos variables: la distancia, ya que supone que tanto ciruelas como naranjas pesan igual.

Ejemplo de respuesta tipo D

$$\begin{array}{l} "3c \times 3d = 2n \times 2d \\ 9/4 c = n \end{array}$$

como son tres naranjas

$$27/4 c = 3n$$

como son dos ciruelas

$$\begin{array}{l} 2(27/4 c) = 2 \times 3n \\ 54/4 = 6u'' \end{array}$$

Mediante una relación entre peso y distancia halla el peso de una naranja expresada en términos de peso de una ciruela, como son tres naranjas y dos ciruelas multiplica a cada lado de la ecuación por factores tres y dos. Al realizar la operación al lado derecho de la ecuación le da seis naranjas, lo que por último convierte a unidades de distancia.

Ejemplo de respuesta tipo E

“Porque en el primer recuadro, para dos naranjas se ubica un cuadro atrás, para abajo las ciruelas se debe hacer lo mismo, correr un cuadro, es decir, a cuatro cuadritos”

El estudiante no establece explícitamente relación alguna de compensación entre el peso de las ciruelas y las naranjas, y sus distancias de ubicación.

Respuesta tipo F

Luego de hacer varios planteamientos y en ocasiones escribir varias ecuaciones, el estudiante no llega a una respuesta.

Respuesta tipo G

El estudiante no responde.

4.3. Resultados y análisis

La tabla 1 muestra los resultados cuantitativos obtenidos, clasificados por tipo de respuesta y semestre cursado por los estudiantes.

Tabla 1. Número de estudiantes cuyas respuestas fueron clasificadas en cada tipo de respuesta y porcentaje correspondiente. La totalidad de estudiantes encuestados de primer semestre fue 24 y sus edades se encontraban entre 16 y 35 años. Los estudiantes de tercer semestre encuestados fueron 49, y tenían edades entre 17 y 33 años.

Tipo de respuesta	A		B		C		D		E		F		G	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Primero	1	4.2	2	8.3	1	4.2	6	25	1	4.2	0	0	13	54.1
Tercero	27	55.1	5	10.2	2	4.1	2	4.1	5	12.2	5	10.2	2	4.1

Las fallas en las secuencias de los razonamientos, se evidencian en el proceso que el estudiante sigue para resolver una cuestión. Estas fallas se trataron de

identificar, a través de un cuidadoso análisis de cada uno de los procedimientos. Las consideraciones teóricas planteadas anteriormente, constituyeron la base para efectuar estos análisis.

Es de notar que más de la mitad (55,1 %) de estudiantes de tercer semestre llegaron a la respuesta correcta, mientras un porcentaje similar (54,1 %) de los estudiantes de primer semestre no contestaron. Aunque esta evolución es positiva, se necesitan más estudios para establecer la verdadera causa de los mejores resultados obtenidos con los estudiantes de tercer semestre. También es interesante señalar que entre los estudiantes de ambos semestres que no obtuvieron la respuesta acertada, con frecuencia los mismos procedimientos equívocos se repiten sin importar la edad y el semestre cursado.

Se encontraron diversas fallas en el proceso de razonamiento de los estudiantes. La más reiterada es la tendencia a la simplificación del procedimiento, omitiendo información suministrada en la descripción de la situación inicial.

Para algunos de los estudiantes, el razonamiento, lejos de ser un camino que permite obtener inferencias, se convierte en un mecanismo simplista que posibilita sólo la obtención de una respuesta; por lo cual todo el contexto del enunciado pierde su significado, para convertirse en un obstáculo en la resolución de una situación problemática. Esta tendencia se ejemplifica en el cuestionamiento planteado, cuando el estudiante trata de equilibrar la balanza, sin tener en cuenta, para tal efecto, la situación inicial de equilibrio en que ésta se encuentra. En particular, esta simplicidad se manifestó nuevamente en algunos alumnos al ubicar las dos ciruelas a dos unidades de distancia del punto de apoyo de la balanza, basándose únicamente en una visión intuitiva de simetría de la situación.

La solución de una cuestión comienza, con la recolección de la información disponible. A esto se deben sumar las implicaciones que conlleva la relación entre las diferentes variables. Los estudiantes encuestados, frecuentemente realizan el proceso contrario, es decir, excluyen con base en creencias erróneas, las variables principales sin haber realizado previamente todas sus combinaciones posibles. Esta característica constituye otra falla en la secuencia del razonamiento del estudiante, al igual que lo ubica en la etapa de las operaciones concretas, según Piaget.

En el proceso de solución del cuestionamiento se evidencia dificultad para resolver con éxito situaciones en las que intervienen simultáneamente varias variables. La relación entre el peso de las ciruelas y el de las naranjas y su ubicación respectiva produjo confusión en algunos estudiantes, los cuales asumieron que el peso de las ciruelas y el de las naranjas eran iguales, lo que constituyó el inicio de un razonamiento inadecuado.

4.4. Implicaciones de los resultados obtenidos

Muchos estudiantes presentan dificultades en la comprensión y solución de cuestionamientos de Física. Estas dificultades pueden ser estudiadas desde la perspectiva del razonamiento adecuado, si se consideran como el producto de una serie de fallas en las secuencias del proceso de solución de una cuestión. El conocimiento de las leyes físicas posibilita la solución de una situación problemática, pero el resultado se ve afectado si el razonamiento llevado a cabo para tal fin es inadecuado.

De otro lado, los contenidos de cursos de Física a nivel universitario, requieren que los estudiantes se encuentren en la etapa del desarrollo intelectual correspondiente a las operaciones formales. Al ingresar a la universidad, los estudiantes pueden no atravesar por esta etapa del desarrollo porque no han superado exitosamente el estadio de las operaciones concretas, lo cual constituye un impedimento para manejar ideas abstractas.

Es necesario proporcionar experiencias en el laboratorio, entendiéndose como experiencia aquella herramienta que influye directamente en la descripción de un fenómeno, para que el estudiante pueda tener un punto de referencia cuando se le presenten situaciones semejantes, al igual que para extraer inferencias a partir de hipótesis fundamentadas en la teoría.

Por otra parte, es necesario que los educadores reconozcamos que las hipótesis y concepciones acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje evolucionan, y que aunque en ocasiones no es posible estar totalmente a la vanguardia, es conveniente que dentro de los centros educativos de todos los niveles se presente un continuo debate de actualización.

El maestro no debe convertirse en el expositor de contenidos sino en el guía del proceso de aprendizaje, el que diagnostica la etapa del desarrollo intelectual del estudiante para diseñar herramientas pedagógicas que ayuden al alumno a aprender de forma más fácil y placentera.

Finalmente, el alumno como centro del proceso de enseñanza-aprendizaje debe manifestarse como parte activa en la construcción de su propio conocimiento y en la implementación de razonamientos adecuados, reforzando y complementando sus experiencias con otras actividades tales como la realización de experimentos fuera del laboratorio con elementos no necesariamente especializados, aplicar a su vida cotidiana lo que aprende en la clase, complementar sus conocimientos con lecturas científicas, entre otras. Estas actividades se convierten en elementos de juicio, al analizar experiencias semejantes. Este proceso a la vez que contribuye a la autonomía del estudiante, le posibilita el desarrollo del pensamiento y constituye un fundamento para que las secuencias de sus razonamientos sean más adecuadas.

Agradecimientos

Agradezco a los profesores Marleny Cadena, Eduardo Zalamea y Luis Carlos Hernández su valiosa contribución a este trabajo.

Referencias

- [1] J. Piaget *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*, Editorial Paidós, Buenos Aires, Argentina (1972)
 - [2] J. Piaget *Estudios sobre lógica y psicología*, Alianza Editorial S. A. Madrid, España (1982)
 - [3] C. Hull *A behavior system*, Tomado de [10] (1965)
 - [4] N.R. Maier *Principles of animal psychology*, Mc. Graw Hill, New York (1935)
 - [5] M. Carretero *Lecturas de psicología del pensamiento*, Alianza Editorial, S. A. Madrid, España (1984)
 - [6] A. Mitrofan *Dialéctica de las formas del pensamiento*, Editorial Platina, Buenos Aires, Argentina (1964)
 - [7] I.M. Sechenov *Vestnik evropy, Trabajos reunidos*, Moscú y Leningrado: Medgiz (1935)
 - [8] H. Simon *Teoría del procesamiento de información*, Alianza Editorial S. A. Madrid, España (1972)
 - [9] M. Henle *Psychol. Rev.* **69** 366 (1962)
 - [10] D. Berlyne *Estructura y función del pensamiento*, Editorial Trillas, México (1972)
 - [11] J. Ceraso *Sources of error in syllogistic reasoning. Compilación de investigaciones sobre lógica y psicología*, Alianza Editorial S. A. Madrid, España (1977)
- OTRAS REFERENCIAS TENIDAS EN CUENTA PARA EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO:
- [12] L. Bourne *Psicología del pensamiento*, Editorial Trillas, México (1975)

- [13] I. Braga “¿Ingresan los alumnos en la Universidad con un adecuado desarrollo de los niveles de razonamiento?”, Tomado de la revista *Enseñanza de las ciencias* 5(1) 16 (1987)
- [14] Henle *Human reasoning*, Washington D. C. Winston (1978)
- [15] D. Klahr *Modelos del desarrollo intelectual basados en el procesamiento de la información*, Alianza Editorial S. A. Madrid, España (1970)
- [16] J. Matarazzo *Medida y valoración de la inteligencia del adulto*, Salvat Editores S. A. Barcelona, España (1976)
- [17] D. Segura *Corrientes psicológicas en educación*, Paideia, 9, Bogotá (1995)
- [18] D. Gil Pérez *Tendencias y experiencias innovadoras en la enseñanza de las ciencias*, Organización de estados iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura (1991)