06.02.03
62

06.09.03
62

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE EDUCACION

Instituto de Investigación para el
Mejoramiento de la Educación Costarricense

I I M E C

FACULTAD DE CIENCIAS

Escuela de Física

Desarrollo Psicogenético y Enseñanza de Algunos Conceptos Físicos

Dra. Giuliana Vicarioli C.

Informe a la Vicerrectoría
de Investigación

1984

I N D I C E

	# Página
Agradecimiento	1
Resumen	2
Justificación - Introducción	6
Hipótesis de trabajos iniciales	8
Metodología	9
I Parte	12
II Parte	14
Marco teórico específico	16
Pruebas de inducción	21
IV Parte	25
Apéndice A	
Apéndice B	

Instituto de Investigación
para el Mejoramiento de la
Educación Costarricense (IIMEC)
Facultad de Educación

AGRADECIMIENTOS

- La investigadora agradece al Dr. Juan Manuel Esquivel, el apoyo que le brindó en todo momento así como sus atinadas sugerencias y gran calidad humana.

- Asimismo agradece a la Dra. Zayra Méndez, la colaboración que brindó en las dos primeras fases del proyecto, así como a las asistentes de investigación Lic. Zulay Pereira y Lic. Zuly Carazo, quienes colaboraron activamente en la recolección de datos y pasando las pruebas de inducción.

- A la Sra. Elizabeth Gómez (Escuela de Física) y a las Sritas. María Eugenia Barquero y Grettel Zúñiga (IIMEC) por su ayuda en el mecanografiado de cada etapa de la investigación, incluyendo el informe final.

- A las Profesoras Marlen Briceño y Ana Campos del CEMEC y la Srita. Marielos Hernández de JUPEMA, la valiosa ayuda brindada en el taller con las maestras. Al Lic. Otto Silesky, por su interés en el proyecto y su ayuda en la fase final.

- Al Lic. Angel Ruiz la revisión del texto y sus atinadas sugerencias y a la Srita. Iride Vicarioli por su ayuda en la revisión de estilo.

Debido a la complejidad del trabajo que se presenta se consideró conveniente presentar un resumen inicial acerca de los planteamientos teóricos y de las actividades realizadas en las diferentes etapas.

Justificación, hipótesis de trabajo, marco teórico y objetivos:

El decepcionante resultado no obstante los esfuerzos que en materia de educación científica realiza el país, podría deberse á que no se toma en cuenta el nivel evolutivo del niño al introducir los temas en los programas escolares, a que existen graves deficiencias de concatenación en los temas y a que el sistema educativo tiende a reforzar la escisión escuela-ciencia con la vida cotidiana del niño y la memorización de los temas que se ve a menudo confundida con su comprensión.

El marco teórico que utiliza el trabajo es el piagetiano constructivista según la cual el conocimiento, si bien parte de esquemas heredados, llega a construir estructuras mentales que son independientes tanto del medio externo como de las bases heredadas. La construcción se realiza mediante la acción del sujeto sobre el mundo exterior, y, pasa a través de estadios definidos por un orden de sucesión y de integración. Se analiza también el sentido y la importancia de la inducción de este proceso.

El objetivo global del proyecto fue señalar errores e indicar mecanismos generalizables que puedan hacer más efectivo el esfuerzo que en materia de educación realiza el país.

Labores realizadas en las diferentes etapas

Con tres años de duración comprende cuatro etapas.

1. Análisis de los contenidos de física de los programas vigentes en cuanto a concatenación de conceptos y su momento de introducción.

2. Estudio del desarrollo psicogenético en el niño y el adolescente de algunos conceptos de mecánica, calor, electricidad y óptica. Este estudio que constituye la parte más laboriosa de la investigación comprende tres fases.

a. Sondeo inicial que permitió elaborar los intrumentos a pregunta abierta.

b. Recolección de datos con dos instrumentos de 12 y 14 preguntas pasados a muestras de 100 estudiantes por nivel escolar y de edad dado.

Análisis cualitativo de las respuestas que permitió clasificarlas en niveles de evolución:

Un primer nivel donde predomina la visión egocéntrica. Un segundo donde se aducen causas físicas objetivas pero éstas resultan irrelevantes o absurdas.

Un tercer nivel donde existe comprensión de las circunstancias normativas pero las estructuras lógico-matemáticas que las relacionan no son las adecuadas.

Finalmente un cuarto nivel de comprensión formal.

Debido a la naturaleza misma del instrumento utilizado fue necesario en varios casos considerar sub-niveles.

c. Con objeto de profundizar varios temas se pasaron pruebas de tipo inductivo, con método de interrogatorio clínico a muestras de 10 alumnos por nivel de edad, de nivel socioeconómico medio. Se pasaron tres tipos de prueba.

I. Pruebas elaboradas por Piaget que permitieron tener un índice de confiabilidad para las de tipo II.

II. Pruebas de tipo Piagetiano en las cuales se plantearon problemas originales.

III. Secuencias de pruebas originales de predicción-experimentación ligadas entre sí y finalizando con experiencias contradictorias.

3. Finalizado el estudio psicogenético de algunos temas, se formuló la hipótesis de trabajo según la cual el momento ideal para la introducción escolar de los temás es cuando los estudiantes poseen las circunstancias normativas del fenómeno. Entonces con el mínimo de esfuerzos, por parte del docente y del niño, éste puede pasar al nivel de comprensión formal.

Utilizando esta hipótesis de trabajo se compararon edades-ideales con edades-reales.

4. En esta última etapa se trató de hacer plausible la hipótesis de trabajo formulada en el punto 3. Además se aprovechó para poner en prueba una metodología activa donde las pruebas de inducción se aplicaran a la enseñanza combinando la acción del sujeto, con un equipo en extremo sencillo y que tratará de interesar al niño al dar una explicación de los fenómenos que lo rodean con objetos de la experiencia cotidiana.

a. Para contar con muestras significativas que eliminaran al carácter anecdótico que muchas veces aqueja a las investigaciones cualitativas se realizaron 2 talleres con grupos de 15 y 20 maestras que trabajan en I y II Ciclo. Las maestras se reclutaron con la ayuda de CEMEC y los talleres se realizaron en el Centro de Capacitación Educativa de la Junta

de personas. Estos grupos recibieron un entrenamiento de 8 semanas sobre temas de física básica que aparecen en los programas escolares. Luego realizaron con sus respectivos grupos determinadas experiencias (con materiales que los mismos niños elaboraron o consiguieron) proponiendo pre-test y post-test.

De los 35 grupos de experiencias se entresacaron 22 para el análisis de resultados.

b. Para someter a prueba algunos planteamientos metodológicos y analizar en qué modo la actitud de los niños hacia la ciencia cambia, se desarrolló en diciembre 83 y enero 84 una experiencia con un grupo de niños de 7 a 12 años en el Centro Educativo Integral.

Estos niños recibieron "lecciones" no formales en forma sobre todo de juegos con materiales sencillos. La muestra se controló desde el punto de vista del desarrollo mental y actitud hacia la ciencia a la entrada y salida del curso.

Instituto de Investigación en Educación
Unidad de Información y Referencia
INIE

ciclos III° y diversificado del sistema educativo, más que en los relativos a los niños pequeños y, por otra parte, no ha logrado ese esfuerzo permear suficientemente el sistema del trabajo de aula, ni ha llegado a traducirse en una verdadera transformación de actitudes creativas hacia la ciencia desde los comienzos de la educación, ni tampoco se ha podido superar la brecha o ruptura entre la escuela y la vida cotidiana del niño y su mundo. En sentido particular, tampoco se pueden desconocer ciertos programas de marcado interés, como son el trabajo del CEMEC (Centro para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias) del Ministerio de Educación Pública, que desarrolla proyectos conjuntos con el CONICIT (Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica); o el certamen intercolegial anual denominado "Costa Rica Joven" en el campo de las ciencias; ni la reciente existencia de los Clubes de la UNESCO, de énfasis científico, en colegios de enseñanza media; así como tampoco la actividad de maestros y profesores inteligentes y a su vez creativos que dan motivación y oportunidades significativas a esto tipo de enseñanza, algunos de los cuales están asociados en grupos de trabajo (PIMEC, por ejemplo). Pero todo ello resulta un esfuerzo reducido, y sigue prevaleciendo en lo general una inoperancia en la formación de actitudes, especialmente de actitudes tempranas, en relación con el aprendizaje de las ciencias. Entre tanto, la incorporación creciente de la tecnología en todos los aspectos de la vida social cotidiana, parece aumentar la barrera entre la educación formal y el conocimiento científico, brecha que se intensifica por la acción de la educación sin sistema y sin control que los niños reciben por medio de la televisión y que produce desajustes, contradicciones y errores en la adquisición de los conocimientos.

Pareciera que lo grande y complejo o complicado del aparato de la educación formal, aunado a la falta de tradición científica en el sistema educativo, los escasos medios con que éste cuenta para ofrecer una enseñanza de experiencias directas, hacen que le sea difícil afrontar con éxito los problemas inherentes a la enseñanza motivadora de las ciencias, de modo tal que ello redunda en que ésta resulta poco atractiva, y hasta aburrida para los educandos.

No sólo se trata de detectar problemas, sino de dar posibles soluciones y que éstas puedan ponerse en práctica en lo que constituye nuestra realidad educativa. Deben de ser soluciones realistas.

Hipótesis de Trabajos Iniciales

El trabajo se basa en general en la hipótesis génral de que:

- El decepcionante resultado que se obtiene en la enseñanza de la ciencia se debe en parte al poco interés que se logra despertar en los niños. Esto se produce porque:

  1Hp. La presentación escolar de los temas de ciencia en los programas no toma en cuenta el nivel evolutivo del niño, quien memorizará términos técnicos en vez de comprender conceptos.

  2Hp. El divorcio ciencia-escuela y vida-mundo del niño hace que la ciencia "sirva" sólo para la escuela restándole interés vital.

Los problemas generales que se plantean son pues:

1. Los contenidos de los programas de ciencia vigentes presentan las concatenaciones adecuadas y respetan la evolución mental que puede esperarse en el promedio de los alumnos?

2. Mediante un estudio psicogenético de un determinado concepto, puede darse una edad promedio en la cual será asimilado con menos esfuerzo y por lo tanto presentará un máximo interés?

3. Podrá diseñarse una metodología, en la cual se tienda a anular el divorcio escuela-vida del niño, presentando la ciencia como

una explicación del mundo que rodea al niño, cuyas leyes podrá inducir el niño mediante su propia acción sobre objetos comunes, en experiencias? Podrá ser aplicada esta metodología por los maestros en forma eficaz y con una mínima capacitación y motivación?

Metodología

En las diferentes etapas del proyecto la utilización de metodologías propias implican la elaboración de hipótesis de trabajo y planteo de problemas específicos que se analizaran en cada caso

Marco Teórico

En el marco teórico en el cual se desarrolla el trabajo es el constructurista y psicogenético de la teoría de Piaget.

Según la hipótesis del constructuvismo psicogenético, "ningún conocimiento humano, salvo las formas hereditarias muy elementales está preformado, ni en las estructuras del sujeto ni en las del objeto" (Inhelder B. 1974). Es decir el conocimiento si bien parte de esquemas heredados, llega a construir estructuras mentales que son independientes tanto del medio externo como de las bases heredadas. La construcción se realiza a través de estadios definidos con un orden de sucesión.

Los conocimientos se construyen mediante la acción del sujeto en el mundo externo y con una adaptación de estructuras internas a experiencias externas.

En este enfoque es claro que la comprensión que un sujeto tenga de una situación dada depende de su nivel estructural.

Las operaciones, estructuras mentales empiezan a construirse a partir de los 18 meses de edad, sobre la base de esquemas sensorio-motores elaborados por el bebé pero antes de llegar a constituirse en estructuras reversibles y equilibradas (el sujeto pasa por una etapa denominada pre-operatoria en que predominan los razonamientos caracterizados por un punto de vista egocéntrico, subjetivo.) Entre los 7 y 12 años el niño construye el sistema de operaciones concretas y las aplica a contenidos cada vez más abstractos. Sin embargo, en este período tiene

siempre alguna referencia concreta, no siendo el sujeto capaz de formular adecuadamente hipótesis. En este período la solución de los problemas la realizan mediante su acción utilizando procedimiento de ensayo-error. No es sino en la etapa formal en que el sujeto alcanza el dominio de las operaciones formales y en el que el pensamiento adquiere una mayor generalidad, movilidad y equilibrio. Esta etapa se comienza entre los 12 y 16 años, según Piaget.

En este caso se realizó el estudio de la psicogénesis del alumno en el aprendizaje de los contenidos de física que se implanten en el ciclo educación general básica pues se consideró conviene conocer las características de la evolución que siguen los estudiantes desde un enfoque subjetivo hasta el dominio operatorio. Una elaboración adecuada de los currícula depende del conocimiento de esa evolución.

Es este conocimiento de los niveles evolutivos el que permite un análisis crítico de los programas vigentes en el sentido de definir si la presentación de los temas es la adecuada.

Por otra parte implica el análisis de la concatenación de conceptos que debe darse en los temas en estudio.

Puede definirse un encadenamiento de conceptos o acciones una secuencia donde la comprensión o ejecución de cada uno depende directamente de la comprensión o resultado del anterior. En un reciente libro Cladio Zaki (1) considera:

> "El análisis de conceptos y encadenamientos en física debe merecer la atención de los investigadores "pues" los conocimientos sobre encadenamientos en física están en fase embrionaria".

En efecto para realizar la concatenación adecuada a nivel de programas sería valiosísimo poseer un catálogo de conceptos en física con la identificación de las circunstancias normativas, definiciones opera-

cionales y una indicación de las estructuras lógico-matemáticas necesarias para su adecuada compensión. A elaborar este "catálogo" podría contribuír un enfoque a la vez psicogenético e histórico crítico de los problemas. El proyecto 02-07-04-37 presentado ante la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica combina socio-génesis y psicogénesis y se motivó precisamente en el problema antes apuntado.

Dada la importancia que tuvieron en este trabajo las pruebas de inducción y lo específico del problema tratado, se prefiere exponer aparte el marco teórico específico al cual se refieren esas pruebas (Fase C) en el entendido que también hace parte de este enfoque piagetiano general.

I PARTE

Análisis de los contenidos de física de los programas de ciencias vigentes de I, II y II ciclo.

- Se procedió a entresacar y enumerar los contenidos de física y a agruparlos por temas (apéndice 5) para poder observar la espiral que repite y amplía los temas.

En un programa de ciencias como el vigente donde la física se integra a otras ciencias en un panorama global no era de esperar el encontrar la secuencia tradicional de los temas ni, por supuesto, el que los temas "básicos" estuvieran tratados en forma sistemática, sin embargo llama la atención:

- La forma reiterada en que aparecen algunos temas mientras que otros se tocan muy poco o nada.

Ejemplos: El calor se estudia en 1°, 2°, 3° y 4° año y se sistematiza en 7° y 8° año.

Conceptos de peso, masa, volumen aparecen en forma esporádica.

Temas de cinemática se ven en forma secundaria y los fundamentos de la dinámica brillan por su ausencia.

Así en 5° y 7° año se ve "velocidad de propagación de la luz", "anemómetros se usan para medir la velocidad del viento". Pero no es hasta 11° año en que se sistematiza el concepto de velocidad, concepto que no es en modo alguno sencillo.

- La falta de concatenación en los temas es evidente en el ejemplo anterior y en el siguiente:

Los temas de meteorología que abarcan casi todo el programa de 7° año no pueden ser entendidos sin comprender el significado de presión atmosférica y éste no puede entenderse sin recurrir al concepto de fuerza, desligado del concepto de fuerza muscular el cual no aparece en los programas hasta 10° año. Es posible continuar con los ejemplos por largo rato. Ahora bien, no siempre una concatenación directa de los conceptos (tal como se definió en el marco teórico) es metodológicamente recomendable pero a nivel de programas la concatenación directa de conceptos debería ser la regla y no, como en los programas vigentes, la excepción.

II PARTE

Análisis psicogenético de algunas nociones de física en estudiantes del área metropolitana.

Fase a.

Preparación de los instrumentos. El sondeo inicial que permitió probar las preguntas abiertas se hizo desde 3° a 11° año en el Liceo Franco-costarricense considerando un total de 280 estudiantes, las preguntas sobre las cuales se presentaron dudas fueron probadas oralmente en grupos pequeños en la Escuela de Concepción de Tres Ríos.

Dos de los cuestionarios utilizados aparecen en el apéndice 1.

Fase b.

Muestra. Se determinó un nivel socio-económico medio según los criterios dados por él para definir una clase socio-profesional (nota 2). Una muestra de 100 alumnos por nivel escolar y de edad se tomó al azar y proveniente de la Escuela Vitalia Madrigal, la Escuela de Concepción de Tres Ríos, la Escuela María Inmaculada, Escuela Católica Activa. La muestra de II y IV ciclo provino del Colegio diurno de Heredia, Colegio María Inmaculada, Colegio San Judas Tadeo.

Además, fuera de la muestra, se consideró un grupo de 280 alumnos provenientes del Liceo Franco-costarricense y de estrato socio-económico medio. Este grupo se utilizó en ciertos casos, pero en los resultados generales aparece fuera de la muestra.

- El análisis cualitativo de las preguntas permitió (aunque la gama de respuestas fuera grande) clasificarlas en modo que .

reflejaran ciertos nivles evolutivos:

Un primer nivel donde predomina la visión subjetiva, egocéntrica.
Un segundo nivel donde se aducen causas físicas objetivas para los fenómenos en estudio pero estas causas son absurdas e irrelevantes.

En un tercer nivel las circunstancias normativas del fenómeno están adquiridas pero las estructuras lógico-matemáticas que se usan no son las adecuadas.

El cuarto nivel, finalmente, refleja una comprensión formal.

Dada la naturaleza escrita del instrumento empleado se hizo a menudo necesario considerar varios sub-niveles que dieran cuenta del uso del lenguaje o de la imposibilidad de comprender lo que efectivamente el sujeto quiso escribir.

El análisis de las diversas preguntas fue en extremo laboriosa.

En el apéndice 5 aparecen 2 artículos que dan cuenta en forma clara del tipo de análisis utilizado así como de algunos de los resultados que pueden obtenerse.

FASE C.

Pruebas de Inducción

Marco Teórico Específico:

Aunque el marco general es el piagetiano, vale la pena aclarar lo que se entenderá por la palabra bastante ambigua de "inducción". Este marco teórico relativamente completo se pone a modo de justificación para una serie de pruebas que requirieron un arduo trabajo y cuyo resultado fue precisamente "el que se esperaba".

La Inducción Empírica

La inducción empírica planteada en su forma tradicional por la lógica clásica como razonamiento que va de lo particular a lo general, contra puesta a la deducción, de lo general a lo particular, ha sido groseramente sobre-estimada por los filósofos. En la filosofía de la ciencia resultan míticas las palabras de Newton:

> "Todo aquello que no se deduce de los fenómenos debe recibir el nombre de hipótesis y las hipótesis, ya sean metafísicas o físicas, referentes a cualidades ocultas o mecánicas no tiene cabida en la filosofía experimental. En esta filosofía las proposiciones particulares se infieren de los fenómenos y luego se las generaliza mediante la inducción".

Resulta obvio que el valor de esta famosa declaración se cifra en su rechazo del método apriorístico de Descartes. Pero está lejos de ser una fiel exposición del método de la teoría científica, que Newton puso realmente en práctica y que no se funda tanto en la inducción sino en hipótesis, pero no arbitrarias sino comprobables.

En la actual filosofía de la ciencia, el problema de la inducción ha sido planteado desde una nueva perspectiva y existen numerosas tendencias.

Algunos eliminan la palabra inducción, sustituyéndola por la menos antigua de inferencia (M. Bunge. La Investigación Científica). Otros, los inductivistas, se han visto estimulados por las doctrinas conductistas, (watsoniana) y mecanicista (pavlovista) del aprendizaje. Otros, en particular J. Piaget, la consideran ante todo preparación de la deducción por disociación entre las relaciones invariantes y lo fortuito.

En su "Introducción a la Epistemología Genética", Vol. 2, "El Pensamiento Físico", Piaget se plantea respecto a la inducción un problema inicial y es saber si se trata de una forma de razonamiento propiamente dicho o bien se trata de un método. El exhaustivo análisis hecho por de la logística contemporánea, con Reichenbach y otros términos por abolir la dualidad del rozamiento inductivo-deductivo a favor de este último y se considera que todo razonamiento es deductivo y por lo tanto la inducción resulta ser un método..

Método que consiste en basarse en los datos experimentales para remediar las limitaciones de la deducción. En efecto, cuando la deducción pura es imposible, los datos de la experiencia le sirven de apoyo. Según Piaget, lejos de tener que suprimir el término inducción del vocabulario lógico-epistemológico, la inducción tiene un papel central en la epistemología genética de la física. Este papel se relaciona con el desarrollo propio del pensamiento frente a la necesidad de dominar una nueva realidad.

En efecto, aunque todo razonamiento sea deductivo para poder deducir hace falta poseer conceptos o esquemas operativos ya construidos y precisamentè esta organización por aproximaciones y tanteos sucesivos es lo que caracteriza a la inducción. Así, la deducción comienza cuando se puede postular A→B y que si B→C entonces también A→C

mientras que la inducción consiste en buscar cuáles son los datos que pueden relacionarse con otros para que tales implicaciones puedan ser establecidas entre los conceptos.

Por otra parte, la inducción como método adquiere sentido cuando se considera la totalidad del proceso y no permite establecer sistemas operatorios, acabados y cerrados, comparables a los que admite la deducción. Finalmente, y esto es lo más importante, la inducción sólo es posible cuando ya existen modelos deductivos que puedan servir de guía.

Desde el punto de vista psico-genético, conviene distinguir dos etapas en la formación de la inducción y analizar allí sus relaciones con los grupos deductivos.

1. Un primer período anterior a la construcción de los sistema operatorios y por lo tanto anterior a toda deducción durante el cual no es posible distinguir deducción de inducción, pues el proceso de pensar presenta un carácter indiferenciado, empírico y al mismo tiempo semi-operacional.

2. El segundo período que se inicia entre los 7 y 8 años cuando comienzan a formarse las estructuras operacionales de carácter deductivo, primero concretos y después formales. Al poseer la mente el modelo de estos sistemas procura estructurar más activamente los datos experimentales que se le ofrecen.

La inducción se va desarrollando en forma de procedimientos inspirados por la deducción pero especializados en función de los resultados imprevistos de la realidad, el contacto con los datos físicos hace que el niño descubra en la realidad relaciones que se prestan a una construcción operatoria y a la deducción en forma análoga a la de las estructuras lógico-matemáticas. Por ejemplo, llega así a aprender la conservación de la cantidad de materia, de peso, de volumen por analogía con la conservación de conjuntos lógicos, numéricos o

geométricos.

Por otra parte, el niño descubre el azar, contrapuesto a la composición deductiva elemental. En toda la región intermedia que va entre lo que es deducible con evidencia y lo que es evidentemente aleatorio es donde se construye la inducción como estructuración gradual del mundo físico en función de la experiencia con los objetos.

Tenemos pues dos casos de inducción:

1. Uno que prepara la deducción final y
2. La que la sustituye, por falta de deducibilidad en el detalle.

En el primer caso:

Hay una inducción cuando el sujeto, frente a una complejísima realidad de datos físicos, los cuales no son asimilables de inmediato debe disociar las circunstancias normativas del fenómeno, es decir, las que lo condicionan y distinguirlas de los concernientes al azar.

En este caso, la inducción es una preparación para la deducción pero una preparación por consulta y organización de la experiencia.

En el caso segundo, en que la mezcla es demasiado grande o los fenómenos permanezcan aleatorios, entonces se da:

a. una reconstitución de los acontecimientos aislados por medio de razonamiento deductivo pero incompleto,

b. previsión futura simplemente probable sin garantías en cuanto a la repetición de las combinaciones particulares.

Estos dos tipos de inducción son los que se dan en la investigación científica. Siempre existe una fase en la que todavía no pueden hacerse deducciones sino buscar por inducción aquello que debe ser deducido.

Esta selección de los invariantes deducibles (circunstancias normativas) perdura a través de toda la historia del pensamiento científico y constituye lo esencial del método científico y por otra parte en el campo del azar la función de la inducción resulta muy clara pues se trata del dominio de las probabilidades aplicadas, donde despreciar los casos poco probables implica afirmar que no se producirán jamás.

En resumen, la inducción es ante todo una preparación de la deducción por disociación entre las relaciones invariantes y lo fortuito y si se choca con el azar, entonces la inducción queda como expresión de la confianza del sujeto en una deducción parcial.

Pruebas de inducción

Justificación

En el marco anterior resulta evidente el interés que presenta el estudio de la capacidad inductiva en nuestros estudiantes en modo de poder elaborar esquemas curriculares, ayudas didácticas con las cúales se refuerzan el método inductivo a la vez que se estimula la formación de los esquemas operatorios lógico-matemáticos que formarán parte de la deducción en modo de activar en lo posible esta interacción deducción, inducción-deducción.

Labor realizada

Las pruebas pasadas fueron 7 y el análisis detallado de algunas de ellas se propone a modo de ejemplo en el apéndice 3.

Todas fueron pasadas a una muestra de nivel socio-económico medio, por nivel escolar y de edad, todos provenientes del Centro Educativo de Santo Domingo de Heredia. Las pruebas comenzaron a pasarse en I año (7 años)y se suspendieron cuando el grupo alcanzaba el 70% de nivel de comprensión adecuada en la prueba en cuestión.

Algunos ejemplos de la metodología, descripción de prueba, análisis y conclusiones aparecen en el apéndice 3.

Las pruebas pueden clasificarse en tres tipos:

Pruebas de primer tipo

Son pruebas descritas por Piaget y colaboradores que fueron pasadas con ligeras variantes y cuyo análisis fue realizado en forma parecida. (Ejemplo: anillo de Moëbius). Estas pruebas permitieron tener un punto de referencia y fueron utilizadas esencialmente a modo de control.

Pruebas de segundo tipo

Estas fueron de tipo piagetiano. El mecanismo de análisis y la metodología fueron semejantes a las descritas por B. Inhelder y J. Piaget en su "De la lógica del niño a la lógica del adolescente".

Sin embargo, los conceptos que trata y la estructura de la prueba son propias de la autora.

Estas pruebas y las que siguen fueron probadas en la Escuela de Concepción de Tres Ríos y en el Liceo Franco-costarricnese antes de pasarse a la muestra cuyos resultados se analizan en apéndice 3 para dos pruebas.

- Equilibrio de la balanza,

- Inducción de la ley de los polos.

También fueron pasadas:

- Acción a distancia,
- Temperatura resultante de una mezcla.

Pruebas de tercer tipo

Estas consisten en secuencias de predicciones, experiencias, lectura y experiencia y que finalizan con un elemento de contradicción.

Estas secuencias aunque son de tipo inductivo no pretendieron usarse (al igual que el resto de las pruebas) como un instrumento para medir la capacidad de inducción sino para estudiar más a fondo la psicogénesis de los conceptos y la dificultad de lectura de experiencias. Este tipo de prueba puede ser adaptado fácilmente al aprendizaje.

Conclusiones

Los resultados no presentaron ni sorpresas ni fueron demasiado interesantes. En realidad resultaron más útiles para el proyecto 02-07-04-87 en cuanto que permitieron ahondar en el concepto de isotropía del espacio (anillo de Moebuis) y en la geometrización del movimiento (caída libre) en la forma que se requería.

Tal vez el resultado más interesante fue el de permitir estudiar con detalle un resultado que ya se había encontrado en la parte a. es decir la dificultad sistemática en algunos estudiantes (4% en la muestra general) de efectuar una lectura objetiva de los datos experimentales (2).

NOTAS

(1) Por nivel socio-económico medio se entiende aquí, y en todo el trabajo la definición de "Class socio-profetionel" tal como la define el INSEE (Institut National Statistiques et Etudes Economiques), (Francia)

(2) Desde el punto de vista psico-genético la dificultad de lectura de datos experimentales puede explicarse fácilmente. En la mente predomina la tendencia a asimilar toda realidad nueva a esquemas anteriores de modo que estos esquemas se modifiquen lo mínimo. Cuando los esquemas resultan insuficientes para acomodar los nuevos datos se produce una incapacidad de lectura y por supuesto una incapacidad de interpretación de la experiencia. Lo anterior por falta de instrumentos adecuados para el registro mental, por su parte, esta falta de instrumentos se debe al hecho de faltar posibilidad de deducción sea lógica sea matemática.

Un sujeto que no logra admitir que un dato nuevo excluya una hipótesis anterior estará incapacitado para generalizar en modo coherente.

Para lograr una adecuada lectura de los hechos, el sujeto debe poseer esquemas que permitan su asimilación (en este caso no se trata de una asimilación explicativa sino simple reconocimiento de hechos).

Además, para relacionar este dato con otros, que es el proceso de inducción, debe poseer esquemas deductivos. Lo anterior resulta un círculo: La mente para pasar del dato a la ley (inducción) debe construir esquemas nuevos capaces de permitir el registro de datos, pero para construir estos esquemas es necesario conectar los datos sucesivos y, en primer lugar, registrarlos bien.

De este círculo la mente sólo logra salir organizando la deducción en el campo de la acción propia y sus coordinaciones lógico-matemática, luego aplicando directamente estas coordinaciones o por analogías se construirán los primeros esquemas físicos y las primeras generalizaciones hasta llegar al nivel operatorio en el cual la inducción se diferencia y separa de la deducción.

06.02.03
62
e.1

PARTE IV

El objetivo general de esta cuarta parte:

- Procurar en base a los resultados que se obtengan ir delineando una nueva metodología más activa de la enseñanza de la física que pueda ya aplicarse fácilmente y que puêda hacer más eficaz el esfuerzo que el país realiza en el campo educativo.

Los objetivos específicos que se propusieron son:

1. Aplicar el método de aprendizaje operatorio en talleres en algunos contenidos de física de los programas vigentes en los niveles escolares óptimos señalados en la tercera fase de la investigación.

2. Probar en estos talleres las edades "ideales" en particular en el caso de la dinámica y presión.

3. Elaborar un instrumento que permita evaluar el interés que despierta en el niño el método de aprendizaje empleado.

4. Probar con un grupo de maestros si es posible con una capacitación mínima se integren en esta metodología activa.

Limitaciones

El objetivo tres no pudo alcanzarse pues el proyecto careció de asesoría adecuada, en el campo de la psicología. El objetivo cuatro no estaba planteado en el proyecto original, pero surgió de la necesidad de contar con muestras significativas y de tener la seguridad de que cualquier mejora propuesta en esta sentido tenga una posibilidad real de llevarse a cabo.

Instituto de Investigación
para el Mejoramiento de la
Educación Costarricense (IIMEC)
Facultad de Educación

Labores realizadas

En la primera fase se realizaron dos talleres con maestros. En ambos se contó con la ayuda de las profesoras Marlen Briceño y Ana Campos del CEMEC, quienes reclutaron las maestras, todas ellas en servicio en el área metropolitana, en escuelas públicas, que impartían I y II ciclo y que en una u otra forma habían manifestado su inquietud por la enseñanza de la ciencia. En este sentido, la muestra deja de ser representativa.

En los locales de la Junta de Pensiones se realizaron los cursos, fuera del horario de trabajo de 2 a 5 p.m. El primer grupo trabajó 8 semanas, las cuales resultaron insuficientes por lo que el segundo grupo trabajó 12 semanas.

Cada sesión comenzó con una o varias experiencias que se consideraban como motivadoras y generadoras de la teoría. Luego se daba, a nivel de conceptos en forma muy sencilla y con el mínimo de matemática posible (una "física sin matemática"), la parte teórica de formación en Física.

Los temas que se trataron fueron los que aparecen en los programas de ciencias de I y II año, y que un examen exploratorio inicial mostró que el grupo poseía en un 20% sólamente.

- Se pasaba luego a un breve resumen de lo que en la investigación (parte 1, 2, 3) se había encontrado sobre la psicogénesis de ese tema en particular y se pasaba luego a la elaboración en la clase, por parte de las maestras de sencillas experiencias, con material de fácil y barata adquisición. En este sentido, se elaboró un folleto "La física en la escuela" (apéndice 6) que muestra el tipo de experiencia que se elaboró con ellos.

En las dos últimas semanas se les pidió que trabajaran con los niños, construyendo el material a usar en la hora de artes plásticas y que después dejaran experimentar a los niños, solos o en

grupo y en casos posibles organizar juegos con las experiencias antes y después de estas sesiones de experiencias-juego se les pidió que pasaran en pequeños test.

Por ejemplo. Los niños elaboraron balanzas (docenas de modelos y material diverso).

Las maestras del primer grupo efectuaron además con sus alumnos pruebas sobre presión, en sólidos y líquidos para extrapolar luego el concepto presión atmosférica.

Las maestras del segundo grupo, además de las pruebas anteriores pasaron otras sobre calorimetría (temperatura final de una mezcla).

Limitaciones:

Debido al poco control en la parte de aplicación de la prueba, no pueden estos resultados ser tomados más que como una indicación de los resultados que podrían obtenerse al aplicarse una metodología activa donde se le permite al niño "aprender por su propia acción".

Conclusiones:

Debido a las limitaciones apuntadas, puede considerarse que más que concluir sobre la eficacia o no de una metodología operatoria, los talleres con maestros pusieron en evidencia por lo menos en este grupo de 35 maestros:

- La escasísima formación que poseen en ciencias que les imposibilita una adecuada comprensión de lo que se supone deben enseñar.

- La pobreza y defectos que tienen las ayudas didácticas, en particular los textos.

- La gran voluntad y deseos de superación (la desersión fue mínima y la asistencia y participación entusiasta).

- Cursos cortos de capacitación (10-12 semanas) son capaces de darles las bases necesarias para la comprensión de los temas que deben enseñar (en física) y puede lograrse la motivación necesaria para que enfoquen con sus alumnos la física como una explicación del mundo que los rodea, considerar éste como el "laboratorio", en síntesis como algo comprensible, divertido y útil y no como algo aburrido que hay que ver (si se ve) porque "está en el programa".

En la clase de experimentación con un determinado tipo de balanza, traído por la maestra, los niños trabajaron en grupo pesando las monedas (nuevas en ese entonces) de diez centros y veinticinco centros, comparándolos con los pesos de las monedas viejas.

Antes y después se les pidió que contestaran las siguientes preguntas:

" colocas un diez en el lado "4" de la balanza, dónde deberás colocar dos dieces?"

"Si tienes dos dieces en el punto "2", cuántos dieces deberás colocar en el punto "1" para equilibrar la balanza?"

Además se pidió a las maestras que solicitaran a una colega pasar la misma pregunta en su aula.

Se tomaron para el análisis los resultados de 10 grupos por considerar (en modo completamente subjetivo y en base el trabajo y la seriedad demostrada por la maestra en la clase) que eran en los que más cabía

fier

En modo general puede considerarse que los resultados obtenidos que
la diferencia que se esperaba encontrar entre las respuestas anteriores
y posteriores a las pruebas sf se dio.

Instituto de Investigación en Educación
Unidad de Información y Referencia
INIE

APENDICE A

NOCIONES DE MECANICA - ESTUDIO PSICOGENETICO

Giuliana Vicarioli
Zayra M. de Thomas
Jean Louis Govaere

El presente trabajo es una ampliación del artículo "Estudio Psicogenético de Nociones Básicas de Mecánica", publicado en el año 1982, al cual nos referimos en cuanto a metodolpgía, muestra, niveles y bibliografía; también es el fruto de un análisis psicogenético realizado de acuerdo a los principios de la teoría de J. Piaget. Como se sabe, para Piaget, los conocimientos son el resultado de una construcción intelectual en la cual se pasa por varios niveles o estadios evolutivos hasta llegar al estadio operatorio, en el cual se posee la comprensión de las nociones en juego.

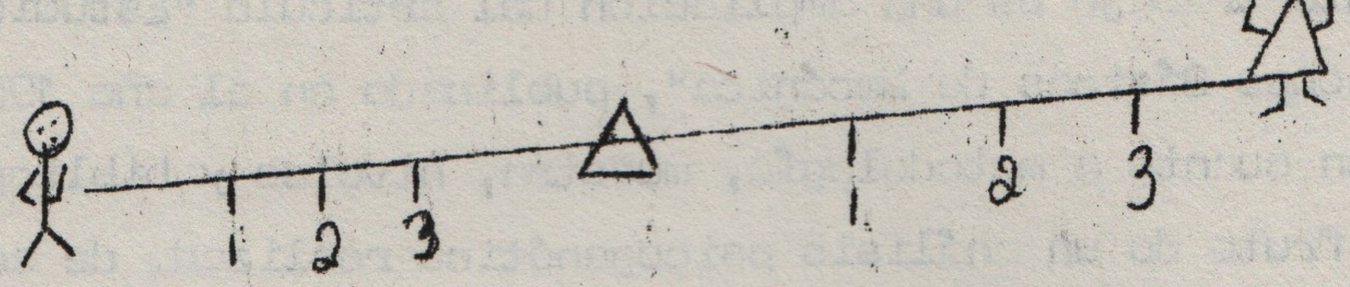
El ignorar estos niveles evolutivos ha traído enormes problemas en el aprendizaje, ya que le impone al niño conocimientos inadecuados a su estadio de desarrollo, lo que impide una correcta asimilación de los mismos.

Por otra parte, la didáctica tradicional que predomina en nuestras escuelas no toma en cuenta los intereses de los niños, existiendo más bien una disociación entre lo que se enseña en el aula y la vida extraescolar del niño. No es sorprendente que el obligar a un alumno a estudiar algo que no le interesa y que no corresponde a su nivel evolutivo, provoque en él una inhibición de su capacidad creadora y una tendencia a memorizar más que a comprender.

Las preguntas que se analizarán se refieren a la ley de las palancas, (pregunta No. 3), composición de los movimientos, (pregunta No. 1) y conservación de energía, (pregunta No. 7). Este análisis permitirá además observar la disociación entre la realidad del niño y el aprendizaje escolar así como una introducción poco oportuna de los temas en los programas, consecuencia de una falta de conocimiento de la evolución psicogenética de esos temas en nuestros escolares.

Pregunta No. 3

Ana (flaca) y Berta (gorda) quieren jugar al subibaja. ¿En qué silla deberá sentarse Berta?



Un breve análisis del proceso que siguió Arquímedes al resolver el problema de la palanca puede resultar instructivo y poner en evidencia ciertas diferencias entre el proceso de razonar de un niño y un adulto. Arquímedes parte de suposiciones que considera "evidentes":

1. Pesos iguales aplicados a distancias iguales están en equilibrio.

2. Pesos iguales a distancias desiguales no están en equilibrio y el que está a distancia mayor, baja.

En lo anterior se basa para deducir: "pesos conmesurables el análisis se hará mediante la clasificación de las respuestas en niveles o estadios evolutivos que van desde el nivel 00 (ausencia de respuesta) hasta el nivel operatorio (nivel 4) están en equilibrio cuando son inversamente proporcionales a sus distancias del punto de apoyo".

$$L_1 d_1 = L_2 d_2$$

Según Arquímedes, lo apuntado en 1 y 2 es "evidente" como consecuencia de la simetría del sistema, no existiendo ninguna razón para que la palanca rote en un sentido o en el otro. Pero esto sí puede ser evidente para un adulto requiere todo un proceso de construcción de las circunstancias normativas del fenómeno.

Por ejemplo, en la pregunta que se analiza, un niño podría considerar que el ancho de las sillas o el color del subibaja puede ser factor determinante.

Sólo a partir del momento en que el niño llegue a aceptar las circunstancias normativas que determinan unívocamente el fenómeno (peso y distancia del fulcro en el caso presente) se podrá decir que el teorema anterior tiene el grado de evidencia requerido para él.

El nivel 00 representa un porcentaje bajo y que se mantiene relativamente constante lo que podría indicar no falta de comprensión sino más bien pereza, falta de tiempo o interés.

En el nivel 1, se agrupan aquellas respuestas que consideran el problema como carente de solución o en el que el niño propone explicaciones subjetivas.

Mar (14,VII) "en ninguno".

Lan (10,IV) "a mi me parece que Berta no se debe sentar en ninguno porque se la lleva."

Este nivel se caracteriza, a menudo, por una imposibilidad de interpretar adecuadamente las experiencias. Sin embargo, estos niños que rechazan con tanta firmeza el que dos pesos diferentes puedan equilibrarse, probablemente han tenido la oportunidad de jugar en el subibaja con compañeros de diferente peso o realizar algún tipo de experimento con palancas.

Lo anterior indica que no basta la simple observación sino que es necesario poseer cierto grado de desarrollo de las estructuras internas para poder interpretar adecuadamente la experiencia.

Siguiendo a Jean Piaget en su obra "El pensamiento físico"

"El conocimiento físico no está originado únicamente por la experiencia exterior ni sólo por la experiencia interior, sino por la unión necesaria entre las estructuras lógico-matemáticas, que nacieron de la coordinación de las acciones y los datos experimentales asimilados a aquéllas".

Muchos alumnos atribuyeron la imposibilidad de equilibrio a las diferencias de peso (gorda, flaca).

Mil (9,IV) "Ninguna podrá jugar porque si Berta jugara se llevaría a Ana por flaca."

También se clasificó en este nivel las respuestas "en el centro" o las que pedían sillas "anchas", "fuertes" o de "hierro".

Car (10,IV) "en el centro"

Kat (12, VII) "Berta debía sentarse en la silla más fuerte y Ana en la más débil".

La frecuencia más alta de sujetos que se sitúan en este nivel se encuentra en una escuela rural carente de subibaja; es probable que la falta de experiencia con este "juguete" sea un factor que ha influido en este resultado.

En el nivel 2, las respuestas no presentan aún la distancia como circunstancia normativa; los niños consideran que, al sentarse Berta a igual distancia que Ana puede existir equilibrio entre pesos diferentes; Este tipo de respuesta es poco frecuente dándose el máximo a los 8 años y disminuyendo en forma gradual.

En este nivel el principio de simetría invocado por Arquímedes no tiene aún sentido.

En el nivel 3 se consideran las respuestas que indican silla 3, es decir la más alejada del fulcro para el cuerpo más pesado. Las circunstancias normativas están definidas pero la relación lógico-matemático que las unen es de proporcionalidad directa.

$$\frac{L_1}{d_1} = \frac{L_2}{d_2}$$

Este estadio es más frecuente en niveles bajos de edad 52% y disminuye significativamente 15% a los 17 años; este porcentaje en sujetos mayores es excesivo pues se podría esperar que jóvenes de esa edad manejaran adecuadamente la estructura matemática de la proporcionalidad directa o inversa.

$$L_1 D_1 = L_2 D_2$$

En el nivel se sitúan los sujetos que poseen una comprensión adecuada de la situación y dan por lo tanto una respuesta correcta. Poseen tanto un dominio de las circunstancias normativas como de la relación lógico-matemática subyacente.

Los alumnos que se sitúan en el nivel 4 poseen el concepto en cuestión. Sin embargo, se puede considerar que a partir del momento en que los alumnos toman en cuenta las circunstancias normativas (nivel 3), ya estarían aptos para asimilar, con una ayuda mínima, la noción y pasar el nivel 4.

La tabla 1 permite apreciar que el nivel 4 es alcanzado por el 7% de los estudiantes de 14 años y el nivel 3 por el % de los de 10 años. De acuerdo a lo anterior, se podría pensar en introducir la enseñanza de la palanca a los 10 años de edad. Esto no es lo que se realiza en las escuelas, en que según los programas vigentes, que introduce el tema en el 1er año escolar (primer grado) y no se vuelve a mencionar hasta el IX año, cuando ya los alumnos han adquirido por sí

solos el concepto. No se aprovecha el momento evolutivo ideal para la enseñanza de estos conceptos, siendo excesiva la distancia temporal que abarca el programa vigente entre la primera y la segunda presentación de esta noción. Todo esto va en perjuicio del aprendizaje adecuado de este tema.

La pregunta 1 propone:

Juan lanza una bola. Dibuja cómo cae la bola y rebota varias veces.



La experiencia que se pide describir la realiza el niño a menudo y resulta un buen ejemplo para determinar en qué edad del grupo alcanza una comprensión correcta de:

a. Conservación de ángulos,
b. disminución paulatina de la amplitud de los rebotes,
c. forma parabólica de la trayectoria.

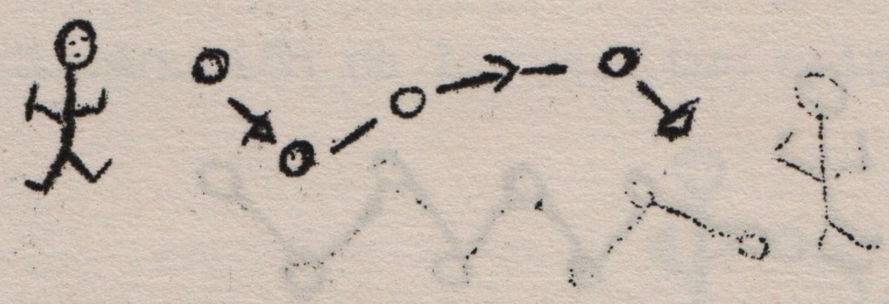
Una respuesta correcta a esta pregunta implica cierta comprensión de cinemática y del grafismo vectorial. La cinemática es la clave de la mecánica y por ende la física. Ya en tiempo de Galileo existía el axioma: "Ignorato motu, ignoratur natura". Los resultados del análisis de esta pregunta indican cómo se verá que los alumnos llega a contestarla adecuadamente sólo a los 17 años, tal vez porque el tema de la cinemática se introduce hasta en XI año.

El análisis de esta pregunta permitió ordenar las repuestas en los niveles de 0 a 4. El nivel 0 está prácticamente vacío, probablemente porque la pregunta que bien comprendida

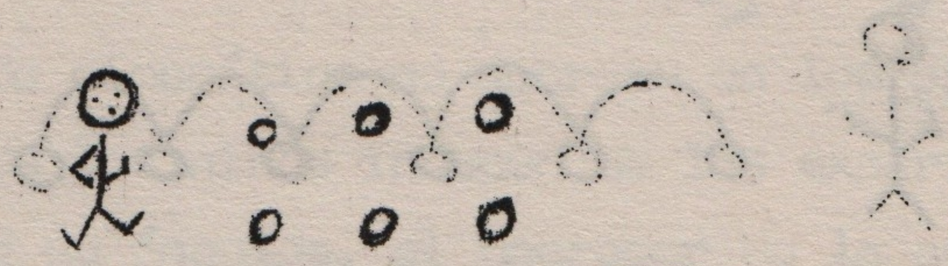
El nivel 1, que predomina hasta 4° año, corresponde a dibujos en que no existe ni conservación de ángulos ni forma aproximada.

Por ejemplo:

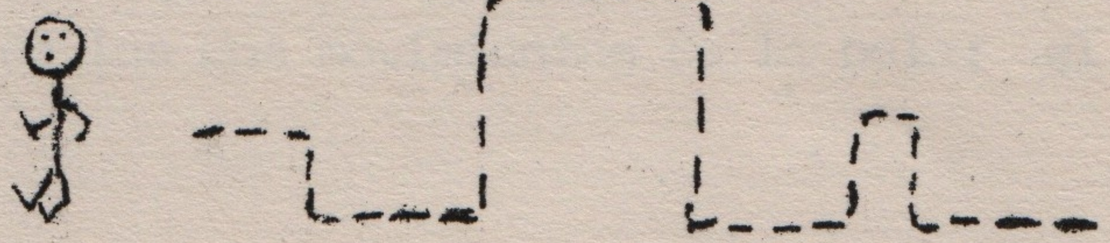
Gus (10,V)



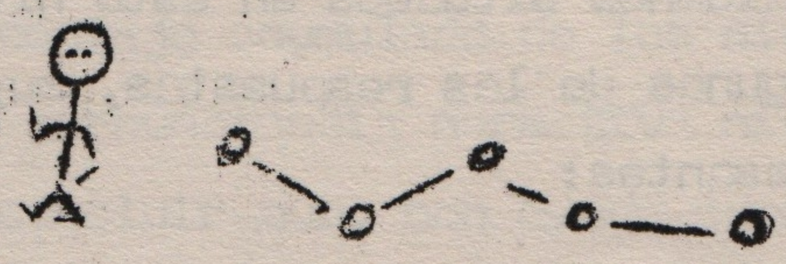
Arm (11,VL)



Kat (8, 111)



Pod (12, VI)

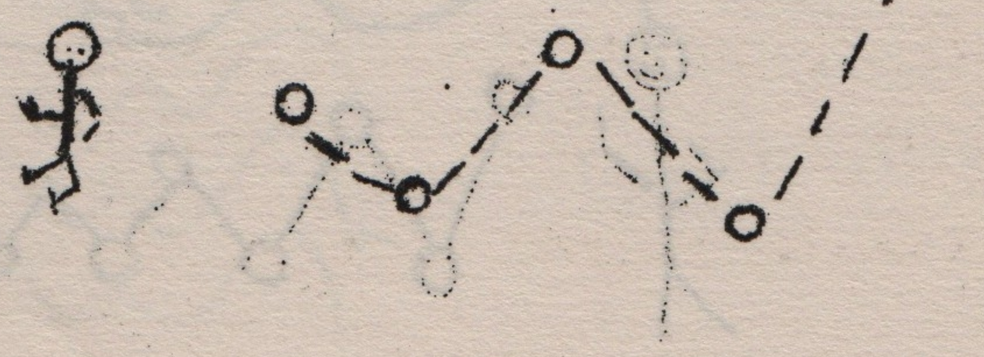


A pesar de lo pobre de este nivel hay todavía un 17% del grupo de 11 año que se mantiene en él.

En el nivel 2 se tiene la conservación de ángulos y formas de trayectoria aproximadas pero al no tomarse en cuenta la pérdida de energía que sucede al rebotar una bola, las amplitudes de los rebotes resultan crecientes o constantes.

Se considera en un subnivel 2°, respuestas que implican un aumento de energía.

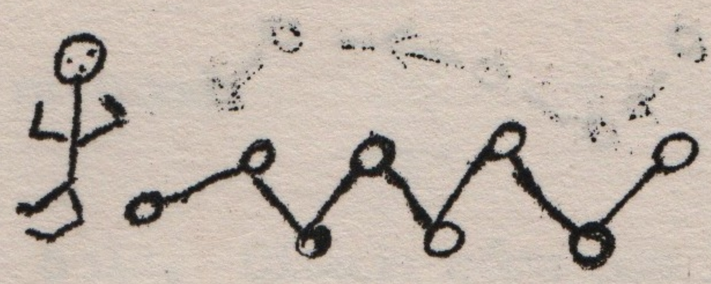
Ana (15, VIII)



Lo anterior es evidentemente contrario a lo que sucede en cualquier experiencia real y resulta interesante notar que el porcentaje de respuestas que se sitúan en este subnivel es bajo pero permanece bastante constante.

El <u>subnivel 2b</u> presenta respuestas gráficas del tipo siguiente:

Lui (12,VI)

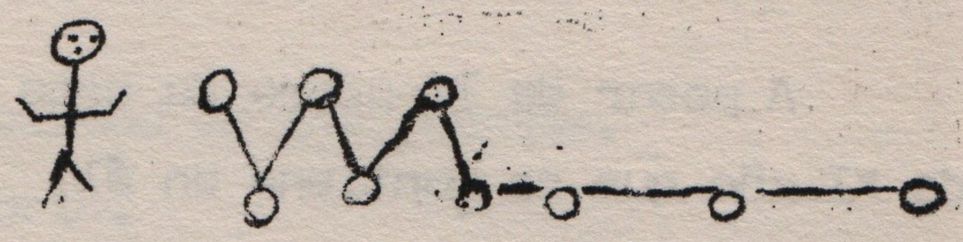


MAR (9,IV)



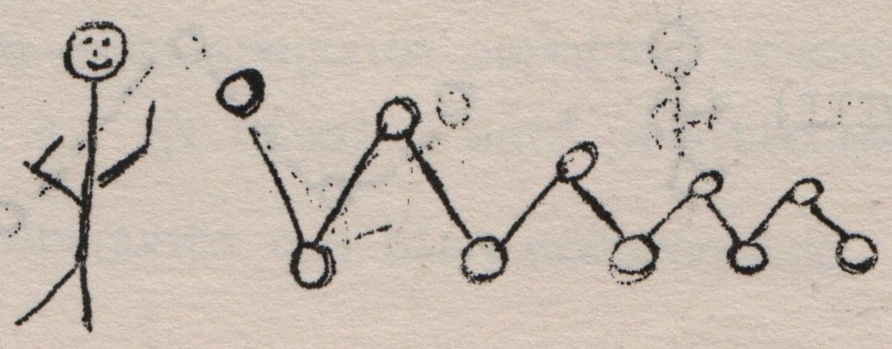
El porcentaje de alumnos situados en este nivel decrece del 29% en III año a 12% en XI, algunas de las respuestas, muy pocas, presentan dibujos en extremo interesantes:

Gis (10,X)



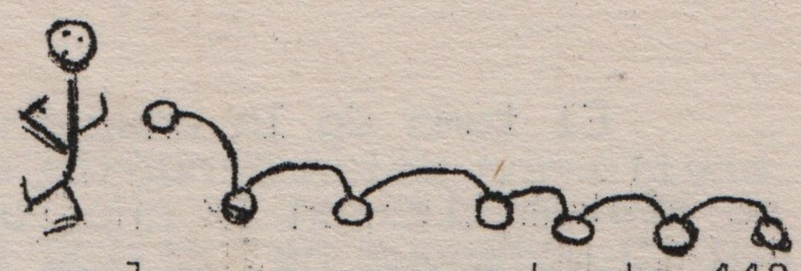
Este tipo de representación gráfica coinciden con las ideas de Jean Buridan (Siglo XIV), (Impetu Buridan), según las cuales mientras el "ímpetu" del movimiento subsiste, el objeto sigue moviéndose, terminado bruscamente el movimiento al acabarse el ímpetu.

En el <u>nivel 3</u> se sitúan las respuestas que presentan trayectorias rectilíneas, quebradas y de amplitud decreciente.



muestran comprensión de las circunstancias normativa: igualdad de ángulos y disminución de la amplitud de rebote pero no existe aún la correcta interpretación geométrica de la trayectoria.

En el nivel 4 se tiene una buena interpretación geométrica de la trayectoria, además de disminución de la amplitud e igualdad de ángulos.

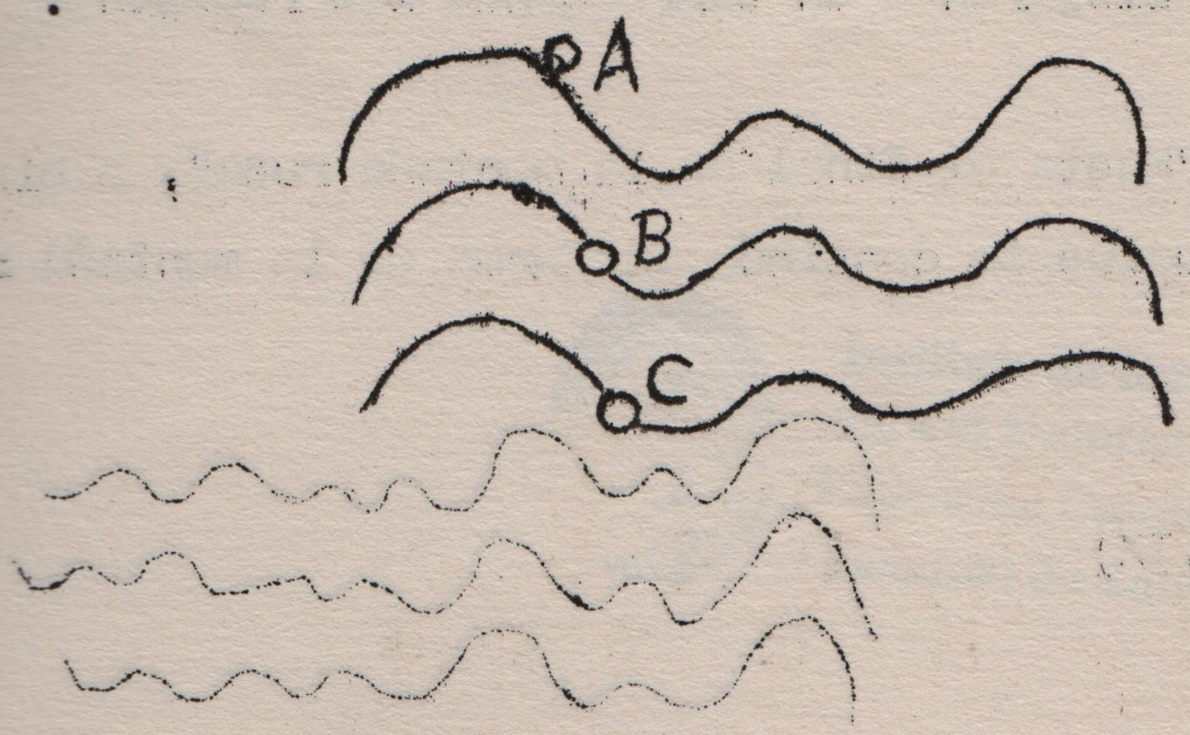


Aunque el tema de cimemática no aparece en los programas hasta 11º año, más de la mitad de los niños inducen de las experiencias cotidianas con bolas, la igualdad de ángulos, el decrecer de la amplitud y la forma gráfica de composición de los dos movimientos de la bola: el vertical y el horizontal.

En VI año el porcentaje acumulado de los niveles que presentan comprensión de alguna circunstancia normativa niveles 2 + 3 + 4 es del 72% de donde se puede concluir que, con ayuda adecuada, estos niños pueden asimilar convenientemente la composición gráfica de movimientos. Sería muy provechoso, por tanto, adelantar el estudio de la cinemática y del grafismo vectorial a los primeros años del tercer ciclo.

Pregunta 7:

Dibuja hasta donde llegarán las bolas A, B, C que Jorge deja caer desde la montaña rusa miniatura.



Esta pregunta es un primer intento para averiguar en qué niveles de edad se elabora el concepto de conservación de la energía y de qué modo el estudio del tema en la escuela influye en los resultados. En una ulterior etapa sería interesante establecer la correlación entre el acceso por parte del niño a los conceptos de conservación (de energía en este caso) y los niveles en que el niño elabora sus estructuras lógico-matemáticas así como sus primeras invariantes geométricas.

El tema de la energía aparece en forma reiterada en los programas y se sistematiza en IX año (energía, capacidad de producir trabajo; energía potencial y cinética).

Podría esperarse que después de IX año la mayoría de los alumnos estuvieran en nivel 4, sobre todo si tomamos en cuenta la inducción de la experiencia que plantea la pregunta: "más alto la dejo caer, más allá llega".

El nivel 00 aparece con un porcentaje bastante elevado y aunque es cierto que disminuye desde un 17% a un 5% , lo que indicará una mejor comprensión con la edad también es posible que influyeran otros factores como pereza, falta de tiempo o interés.

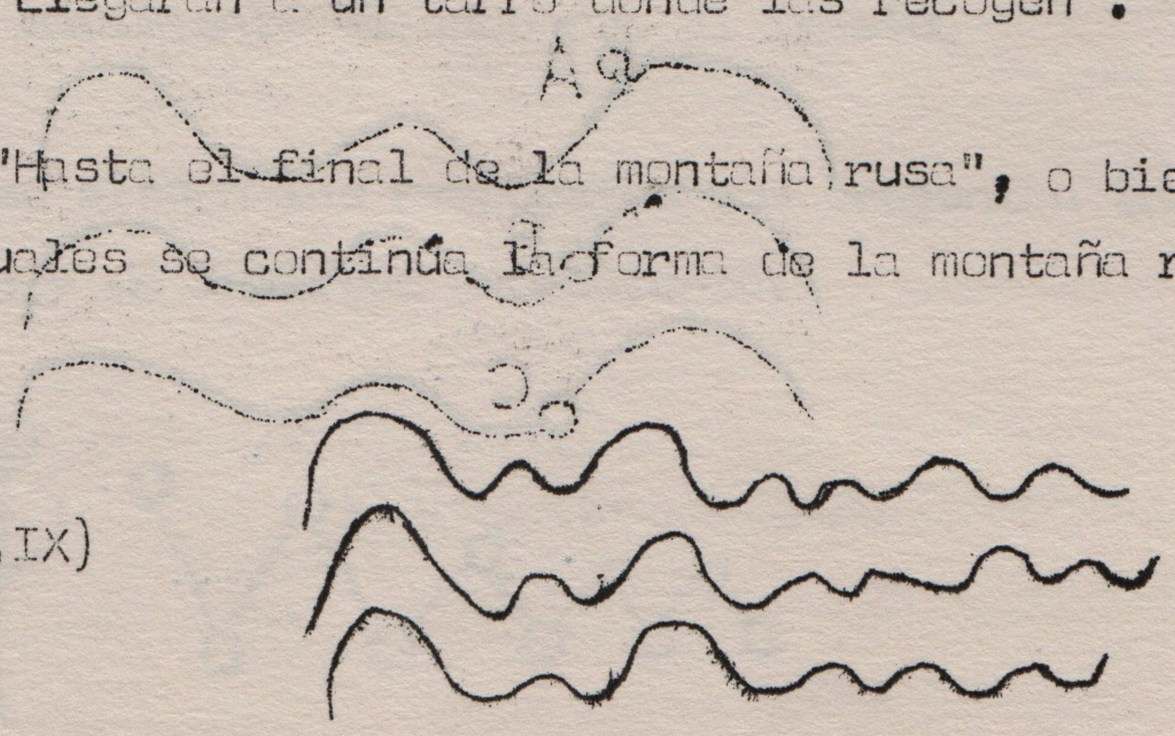
En el nivel 1, que es el predominante desde III a VII año, se dan respuestas que muestran una incomprensión del problema planteado.

Por ejemplo:

Fra (10,VI), "Llegarán a un tarro donde las recogen".

Alv (11,VI), "Hasta el final de la montaña rusa", o bien se observan dibujos en los cuales se continúa la forma de la montaña rusa aproximadamente.

Ana (14,IX)



En el nivel 2, los alumnos comprenden la pregunta realizando mentalmente la experiencia de dejar caer las bolitas, pero dibujan estas llegando en igual posición A=B=C. En este caso demuestran no poseer la comprensión de las circunstancias normativas del fenómeno, altura de caída en este caso.

En el nivel 3, existe comprensión de las circunstancias normativas pero en el dibujo los alumnos hacen llegar la bolita en sucesión C, B, A, es decir, la que cae más alto llega más cerca. Esto es lo contrario de lo que sucede en la práctica. Resulta interesante notar que el porcentaje de respuestas situadas en este nivel es bajo pero permanece bastante constante con relación al año escolar.

Se sitúan las respuestas adecuadas en nivel 4, es decir la bolita que cae más alto llega más lejos y llegan entonces en la sucesión ABC.

Resulta de interés constatar que si bien un tercio de los alumnos llega a nivel 4 en IX año, la proporción de alumnos en este nivel es demasiado baja si recordamos que éste es el momento en el cual se introduce el tema en los programas.

Por el contrario, el porcentaje aumenta bruscamente en los programas, introducen los temas de dinámica básicos, necesarios para la comprensión del tipo de problema aquí planteado.

Instituto de Investigación
para el Mejoramiento de la
Educacion Costarricense (IIMEC
Facultad de Educacion

CONCLUSIONES

El análisis psicogenético de los resultados de estas tres preguntas ha permitido poner en evidencia lo urgente de generalizar este tipo de estudio a la totalidad de los contenidos de los programas escolares y de secundaria en vigencia en nuestro país. Se podrá señalar algunos errores que se comenten en nuestro sistema educativo que repercuten negativamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje:

1. La introducción inepertuna de los temas en función del desarrollo psicogenético de los estudiantes. Los programas presentan los temas antes de que puedan ser comprendidos, por los alumnos o bien tardíamente, cuando por los procesos madurativos o por efecto de las experiencias cotidianas, ya los han adquirido.

2. Existe un divorcio entre la experiencia cotidiana del alumno y lo que se enseña en el aula, como resulta evidente del análisis de la preganta 3. En efecto, en el caso de la pregunta tres, la relación lógico-matemática con que ligan las circunstancias normativas no es la adecuada.

Desde el punto de vista de la evolución de la capacidad de razonamiento de los estudiantes y de su asimilación de conceptos científicos, los resultados permiten apreciar que no es suficiente que el niño tome en cuenta las circunstancias normativas sino que se requiere además un desarrollo de sus estructuras mentales. Así, en los niveles dos y tres de las preguntas 3 y 7, los sujetos hacen referencia a lo normativo pero sin que haya todavía una adecuada compronsión del problema planteado porque no existe todavía la estructura lógico-matemática subyacente.

Se puede observar que en ciertos casos hay una "lectura" invertida de los hechos. For ejemplo, en el subnivel 2a de la pregunta 1 (en que pedía la representación gráfica del rebote de una bola), ciertos niños hicieron un dibujo como si hubiera un aumento de energía, lo que es contrario a lo que pueda suceder en la vida real. Aunque no son

muchos los estudiantes que dan esto tipo de respuesta, su proporción es constante en todos los niveles de edad. Esto es preocupante si se considera que la lectura adecuada de un hecho está estrechamente relacionada con el desarrollo de las estructuras mentales correspondientes. Es decir que habría en algunos sujetos de mayor edad un retraso evidente en su operatividad mental.

Aunque el estudio sobre el que se basa este artículo tiene las limitaciones propias de un campo de investigación que es nuevo en nuestro país, constituye un aporte al mejoramiento de la Educación, sobre todo en el campo de la enseñanza de las ciencias. Señala que el aprendizaje de las ciencias será poco provechoso mientras se desconozcan los niveles evolutivos por los que pasan los niños costarricenses hasta alcanzar el nivel operatorio en que realmente puedan comprender los temas que aparecen en los programas. Por otra parte, la enseñanza no debe estar en contradicción con las experiencias de la vida extra-escolar del niño ya que esto puede originar su pérdida de interés por lo que se estudia en el aula. Esto puede suponer que estas circunstancias atrofian la capacidad creadora y del desarrollo de las estructuras mentales propias del pensamiento científico.

El trabajo presentado constituye sólo un primer paso en el empleo del método psicogenético de la Escuela de Ginebra fundada por Jean Piaget en el análisis de los programas y de la evolución de algunos conceptos de física.

Sin embargo, los resultados indican claramente el beneficio que este tipo de investigación puede traer a la Educación del país.

APENDICE 5 A

Programas con contenido de algunos conceptos de física en I, II, III C
clos.

Breve análisis:

Algunos conceptos aparecen en forma reiterada; analizaremos primero el t
tulo de las unidades; luego contenidos y objetivos específicos, primero
por años de estudio y luego separados por temas para poner en evidencia
carácter de espiral con que fueron construidos.

1 año: u.IV. El niño y la materia
2 año: u.IV. El niño y la materia
3 año: u.IV. La materia y sus cambios
4 año: u.III. El calor como forma de energía
u.IV. El magnetismo, naturaleza y utilidad
5 año: u.III. La energía al servicio del hombre
u.IV. Cambios físicos y cambios químicos
6 año: u.VII. La energía al servicio de la Humanidad
7 año: u.I. Cómo trabajan los científicos
8 año: u.I. El hombre explora la materia
u.II. El hombre explora la energía
9 año: El hombre y la energía

Aunque el nombre de la unidad de un año a otro sea similar, sus contenidos cambian al ampliarse y profundizarse en los conceptos, que, sin embargo, son siempre los mismos: Energía, materia, fenómenos eléctricos, luminosos, caloricos.

Analizaremos contenidos específicos:

CONTENIDOS POR AÑOS

1 año

1. El sol como fuente de luz y calor.

2. El niño y la materia: Características de los cuerpos que nos rodean: forma, color, tamaño, textura, sabor y olor.

3. Otras características: lugar en el espacio y peso, fríos y calientes, secos y húmedos, duros y blandos, luminosos y opacos.

4. El hombre y sus trabajos: Algunas herramientas útiles; tijeras, martillo, cuchillo y otras.

5. Las máquinas y el trabajo del hombre.

2 año

6. El sol como fuente de energía en forma de luz y calor.

7. Puntos cardinales.

8. Condiciones esenciales en la materia, lugar en el espacio y peso.

3 año

9. El calor solar y la evaporación.

10. El aire como materia, lugar y peso.
Aire frío y caliente. Diferencia de peso.

11. Aire en movimiento, capacidad para producir trabajo.

4 año

12. Funciones de la atmósfera, presión, fuerza de sustentación, difusión de la luz, transmisión del sonido, mantenimiento de la temperatura.

13. Calor como fuente de energía.
Sol, fuego, rozamiento, electricidad como fuente de energía calórica.

14. Transmisión del calor en sólidos, líquidos y gases.

15. Efectos del calor sobre los cuerpos: Temperatura, dilatación, contracción, cambios de estado.

16. Aplicaciones de la energía calórica: cocción, refrigeración, industria y otros.

17. Magnetismo, naturaleza y propiedades.

18. Los imanes y sus partes: propiedad de atracción y repulsión entre los polos.

19. El efecto magnético a través de madera, vidrio, papel y agua.

20. Metales ferromagnéticos: hierro, cobalto, níquel.

21. Métodos de imantación: fricción y contacto.

22. Algunas aplicaciones del magnetismo.

23. Comportamiento de la tierra como un potente imán.

5 año

24. El clima y factores climatológicos: presión atmosférica y temperatura.

25. La energía al servicio del hombre, el agua como fuente de energía.

26. Plantas hidroeléctricas.

27. La electricidad como fuente de energía luminosa.

28. Otras fuentes de energía luminosa.

29. Propiedades de la luz.

30. Velocidad de propagación y trayectorias rectilíneas.

31. Cuerpos luminosos y opacos.

32. Reflección de la luz, regular y difusa.

33. Refracción de la luz.

34. La luz blanca y los colores del espectro.

35. Instrumentos ópticos.

36. La lupa, el microscopio, el telescopio y la cámara fotográfica.

37. Los lentes y defectos de la visión.

6 año

38. Grandes distancias espaciales, el año luz, como unidad de medida.

39. La energía eléctrica al servicio de la humanidad.

40. Energía eléctrica, propiedades y aplicaciones.

41. Fuentes de electricidad: Frotamiento, pilas, agua, combustible.

42. Buenos y malos conductores de la corriente eléctrica.

43. Conección en serie y paralelo.

44. Control del paso de la electricidad: interruptor y fusible.

45. Aplicaciones de la energía eléctrica.

46. Electroimanes y sus aplicaciones.

47. Producción del magnetismo partiendo de la electricidad.

48. Aplicaciones de los electroimanes, timbre, teléfono, telégrafo, motor.

49. Materia, su composición y propiedades.

50. Propiedades físicas de algunos cuerpos: Estado, temperatura, elasticidad, textura. Ductibilidad y maleabilidad de los met

7 año

51. Unidad dedicada al método científico: Cómo trabajan los científicos.

52. Viento, agua y temperatura contribuyen a la formación del suelo.

53. La presión atmosférica disminuye a razón constante con el aumento de altura.

54. La atmósfera protege la vida en la tierra de los rayos dañinos provenientes del sol.

55. El sol como fuente de energía. El sol es la fuente de energía primaria de la tierra.

56. La atmósfera sirve para retener el calor de la tierra.

57. La transferencia del calor se produce por conducción, convección y radiación.

58. La presión atmosférica. La atmósfera ejerce presión.

59. Los cambios de presión se miden con el barómetro.

60. La presión de un gas confinado aumenta si su volumen disminuye en tanto que su temperatura permanece constante.

61. La materia está formada por partículas llamadas átomos.

62. El agua absorbe, circula e irradia calor.

63. Por la diferencia de temperaturas entre dos masas de aire se establecen corrientes de convección.

64. El calentamiento desigual de la tierra y el mar produce corrientes de aire.

65. Los anemómetros se usan para medir la velocidad del viento.

66. La formación de nubes depende en gran parte de la humedad y temperatura del aire.

67. La variación de temperatura da lugar a diferentes formas de precipitación.

68. Las masas de aire en movimiento generalmente se forman debido a las bajas temperaturas y altas temperaturas, etc...

69. El sol es la fuente de energía radiante que llega a la tierra.

70. La capa de ozono de la atmósfera detiene gran cantidad de rayos ultravioleta.

71. Algunas propiedades de la materia: Todos los objetos del universo son formados por materia.

72. La materia no puede crearse ni destruirse, sólo transformarse.

73. Toda materia tiene masa, peso y volumen.

74. Masa es la cantidad de materia que forma un cuerpo.

75. Peso es la fuerza con que un cuerpo celeste atrae a la masa debido a la gravedad.

76. Volumen es el espacio que ocupa un cuerpo.

77. Las propiedades físicas son: sabor, color, olor, punto de fusi punto de ebullición, densidad, viscosidad, elasticidad, conducti vidad.

78. Las propiedades químicas son las relacionadas con la estructura la materia.

79. Los tres estados básicos de la materia son: sólido, líquido y gaseoso.

80. Los sólidos tienen forma y volumen definido.

81. En los sólidos la fuerza de cohesión es muy grande.

82. La fuerza de cohesión en los líquidos es menor que en los sólidos

83. En los gases la fuerza de cohesión es muy pequeña.

84. Al calentar la materia, la velocidad de las moléculas aumenta; al enfriarla, disminuye.

85. Toda materia puede ser medida y pesada.

86. Para medir la materia se usan unidades del Sistema Internacional de Medidas.

87. Las unidades básicas de SL son otro, Kg segundo.

88. La densidad es una medida de la masa por la unidad de volumen.

8 año

89. La energía y sus transformaciones: La energía y su capacidad de producir trabajo.

90. Los cuerpos en virtud de su movimiento tienen energía cinética.

Instituto de Investigación en Educación
Unidad de Información y Referencia
INIE

91. Los cuerpos, en virtud de su posición, tienen energía potencial.

92. La energía no puede crearse ni destruirse, sólo conservarse.

93. La energía existe en varias formas, puede transformarse de una a otra.

94. La energía puede transformarse en energía calórica, sonórica y eléctrica.

95. La energía calórica puede ser transformada en energía radiante y mecánica.

96. La energía eléctrica puede ser transformada en energía mecánica, calórica y luminosa.

97. La energía nuclear o atómica puede ser transformada en energía calórica o mecánica.

98. Fuentes de energía: El sol es la fuente de casi toda la energía disponible en la tierra.

99. La energía radiante del sol se propaga en todas direcciones.

100. La energía del sol se transforma en luz y calor.

101. La energía radiante del sol se almacena en los alimentos.

102. El movimiento del agua y de los vientos son fuentes de energía.

103. Los combustibles son fuentes de energía.

104. Las reacciones químicas y nucleares son fuentes de energía.

105. Algunas fuentes de energía: El calor: El calor se produce en la combustión.

106. El calor se produce por la acción mecánica.

107. El calor se produce por la corriente eléctrica.

108. La energía del sol produce calor.

109. El calor dilata los cuerpos.

110. El calor se transfiere por conducción, convección y radiación.

111. Calor y temperatura no significan lo mismo.

112. La caloría es la unidad para medir el calor.

113. La luz. La luz generalmente se presenta comportamiento ondulatorio.

114. Las ondas de luz se propagan en línea recta.

115. La intensidad de la luz disminuye al aumentar la distancia.

116. Las ondas luminosas pueden ser transmitidas, absorbidas o reflejadas.

117. Cuando un objeto opaco obstaculiza el paso de los rayos luminosos se produce la sombra y la penumbra.

118. Reflexión de las ondas luminosas. Igualdad de ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión.

119. Refracción de las ondas luminosas. Los rayos luminosos cambian de dirección al pasar de un medio óptico a otro diferente.

120. El color de un objeto depende de la luz que transmite, refleja y absorbe.

121. Los colores complementarios se combinan para formar la luz blanca.

122. El sonido se produce por la vibración de objetos y se propaga a través de medios naturales.

123. La velocidad de las ondas sonoras depende del medio en que se propague.

124. Características de una onda: amplitud, longitud y frecuencia.

125. Características del sonido: intensidad, tono, timbre.

9 días

126. Energía eléctrica y magnetismo. ¿Cuáles objetos pueden adquirir cargas eléctricas por frotación o por inducción? (electrostática).

127. La corriente eléctrica es un flujo de cargas eléctricas.

128. Electrones en movimiento producen corrientes eléctricas.

129. Existen materiales conductores y aisladores.

130. La electricidad es una forma de energía.

131. La energía eléctrica puede obtenerse por transformación de las siguientes energías: hidráulica, química, nuclear, geotérmica, solar.

132. El hombre aprovecha diferentes maneras para lograr energía eléctrica.

133. La principal fuente de energía eléctrica en Costa Rica es la hidráulica.

134. El hombre utiliza la energía eléctrica en el hogar, la industria, la investigación.

133. El sistema nervioso en el hombre y animales transmite sus impuls
por medio de energía eléctrica.

136. En la Naturaleza hay compuestos de hierro que, por la posición de
moléculas, son magnéticos.

137. El magnetismo está asociado al movimiento de partículas electriza

138. Una corriente eléctrica siempre establece una corriente eléctrica.

139. Los imanes tienen dos polos y están rodeados por un campo magnéti

140. Existen imanes naturales e imanes artificiales.

141. El hombre utiliza los imanes artificiales en la industria y la inve
tigación.

142. Energía nuclear (unidad entera).

143. En las reacciones químicas se usa o se produce energía, muchas veces
es la energía lo que interesa.

144. Energía mecánica. La energía mecánica se obtiene por transformación
de otras clases de energía química (?).

145. Todo aparato o herramienta que el hombre usa para ejecutar trabajo
se considera como una máquina.

146. Las máquinas se dividen en simples y compuestas.

147. Las palancas y las poleas son máquinas simples.

148. El cuerpo humano se mueve por un sistema de palancas.

149. Los computadores y las naves espaciales son máquinas muy complejas.

150. El perfeccionamiento de las máquinas ha reportado grandes beneficios al hombre.

151. Las máquinas también contribuyen a la contaminación ambiental.

152. La luz como fuente de energía vital.
El sol suministra energía para la vida.

El curso de física para undécimo año es el único curso de física formal que reciben los alumnos.

La primera unidad incluye una descripción de las ramas de la física, su contribución a otras ciencias; medidas, patrones, sistema Si, MKS, CGS, escalas, gráficos, medidas.

En la segunda unidad: Cinemática

- Vector posición (def. y uso de vectores)
- Vector desplazamiento

Velocidad constante
Velocidad media
Aceleración. Movimiento uniformemente acelerado.
Movimiento vertical en la superficie de la tierra.

Tercera unidad: Leyes del movimiento y energía

Masa y peso,
Primera ley de Newton.
Definición de la cantidad de movimiento.
Segunda y tercera ley de Newton, definición de fuerza, unidades.
Ley de la conservación de la cantidad de movimiento colisiones.
Fricción, coheficiente estático y cinético.
Fuerza centrípeta.
Trabajo y energía.
Distintas formas de energía, ley de conservación, unidades y trabajo.

Tres leyes de Kepler del movimiento.

Ley de Gravitación Universal.

Cuarta unidad: Fuerza y equilibrio

Noción de fuerza.

Medida de la magnitud de una fuerza, dinamómetro, etc.

Ley de Hooke.

Carácter vectorial de las fuerzas, suma vectorial, método del polígono.

Fuerzas concurrentes, suma por componentes.

Sistema de fuerzas en equilibrio, Plano inclinado, el péndulo.

El momento de una fuerza, producto de f. por s.

Segunda condición de equilibrio.

Condiciones generales de equilibrio.

Centro de gravedad de cuerpos rectangulares, cuadrados, etc.

APENDICE 5 B

Desde 1 a 10 años, la correlación de los temas es la siguiente:

Cinemática 3 año: 11
5 año: 30
7 año: 64, 66, 68.
8 año: 90, 102, 123, 128, 137, 115.

Energía: 2 año: 6
5 año: 25
7 año: 55, 68.
8 año: 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 108.

Trabajo: 1 año: 4, 5
8 año: 89
9 año: 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151.

Calor: 1 año: 1, 3.
2 año: 6
3 año: 9, 11.
4 año: 14, 15, 16.
7 año: 56, 57, 62, 64.
8 año: 94, 95, 96, 97, 100, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112.

Temperatura: 4 año: 12, 15,
5 año: 24
6 año: 50
7 año: 51, 60, 63, 66, 67, 68, 111.

Materia: 3 año: 10
6 año: 49
7 año: 63, 71, 74, 78, 79, 84, 85, 86.

Masa: 7 año: 73, 74, 75, 83.

Peso: 2 año: 8
3 año: 10
6 año: 50
7 año: 73, 75, 85.

Presión: 4 año: 12
5 año: 24
7 año: 53, 58, 59, 60.

Electricidad:
5 año: 26, 27.
6 año: 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 77.
8 año: 94, 96, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 138.

Magnetismo:
2 año: 7
4 año: 17, 18, 19, 20, 21, 22. 23, 46, 47, 48.
5 año: 126, 136, 137, 139, 140, 141.

Sonido: 4 año: 12
8 año: 122, 125, 124.

Método científico:
7 año: 51

Luz: 1 año: 1, 2, 3.
2 año: 6
4 año: 12
5 año: 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37.

6 año: 38

7 año: 54, 70.

8 año: 95, 96, 99, 100, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 152, 124.

NOTA: Los números subrayados corresponden a los casos en que el concepto es tratado de un modo completamente secundario.

APENDICE B

LA ENSEÑANZA DE LA FISICA DESDE UN ENFOQUE PSICOGENETICO

Dra. Giuliana Vicarioli

Dra. Zayra Méndez de Thomas

En Costa Rica preocupa el bajo rendimiento cuantitativo de la inversión que se hace en Educación, problema que se discute no sólo en el ambiente universitario sino que ocupa la atención de periodistas y del público en general ya que no se concibe que esto ocurra en un país que, como dice la expresión popular, "tiene más maestros que soldados".

No menos grave es el problema del bajo rendimiento cualitativo que se presenta en todos los niveles educativos, dá múltiples consecuencias negativas entre las que se pueden mencionar: la inhibición en el desarrollo de la capacidad de razonamiento de los estudiantes y en su pensamiento creador. Investigación realizada con estudiantes de liceos del Area Metropolitana de San José, puso en evidencia que numerosos estudiantes no adquieren el dominio de las estructuras de pensamiento formal o hipotético deductivo, lo que impide liberarse de la instancia inmediata de lo concreto y operar con contenidos proposicionales o realizar operaciones que supongan el manejo de lo virtual o posible.

En un estudio realizado por Lawson y Karplus (1977) con estudiantes universitarios norteamericanos se encontró que los sujetos que no poseen el dominio de las operaciones formales no pueden comprender en forma significativa conceptos teóricos o principios científicos. Podrán memorizar ciertas nociones pero sin llegar a comprenderlas. Todo esto representa una seria limitación en el pensamiento que perjudica la vida académica de las instituciones de enseñanza superior.

El estudio de las causas del bajo rendimiento cuantitativo y cualitativo de la Educación es complejo y requiere una larga e intensa labor de investigación interdisciplinaria con la colaboración de educadores, psicólogos, antropólogos y otros especialistas de las ciencias sociales. En el seno del Instituto para el Mejoramiento de la Educación

(IIMEC) de la Facultad de Educación de la Universidad de Costa Rica, se ha creado un Programa denominado "de Epistemología Genética y Educación" en que se ha dado inicio a ese tipo de investigación. Participan en este Programa profesores de diversas disciplinas que contribuyen con los conocimientos y técnicas de su especialidad a esclarecer las causas socioculturales y educativas que inciden en ese escaso desenvolvimiento del potencial intelectual de tantos jóvenes estudiantes del país.

La teoría del epistemólogo suizo Jean Piaget, con su enforque constructivista y psicogenético y un caudal de información sobre la evolución del pensamiento en el niño, ha orientado los trabajos emprendidos en el seno del Programa mencionado. Piaget intentó establecer cómo se realiza la génesis de los procesos mentales que llevan al niño a conocer y a adaptarse al mundo que lo rodea. Su investigación es de índole epistemológica y él la define como "el estudio de los mecanismos del aumento de los conocimientos. Su carácter propio sería entonces el analizar en todos los planos que interesan a la génesis o a la elaboración de los conocimientos científicos -el paso de los estados de conocimiento mínimo a los de conocimiento más avanzado. En pocas palabras, la epistemología genética constituiría una aplicación del método experimental al estudio de los conocimientos, con variación de los factores en juego (Piaget, J., 1967).

La posición epistemológica de Piaget culmina en el "constructivismo dialéctivo" o "interaccionismo constructivo", como lo llama en sus últimos escritos (Piaget, J. y otros, 1978). Según la hipótesis del constructivismo psicogenético "ningún conocimiento humano, salvo las formas hereditarias muy elementales, está preformado ni en las estructuras del sujeto ni en las del objeto" (Inhelder, B., 1974, p. 21). Esto significa que para Piaget el conocimiento humano, si bien parte de esquemas heredados, llega a construir estructuras mentales que son independientes tanto del medio externo como de las bases heredadas. La construcción se realiza a través de estadios definidos por un orden constante de sucesión y que seguirán un modo integrativo de evolución.

Los conocimientos son construidos mediante la actividad ejercida por el organismo humano en su totalidad sobre el mundo exterior que constituye

su medio ambiente natural. La acción del sujeto es fundamental ya que sin ella se puede llegar a sufrir un estancamiento en la evolución de las estructuras intelectuales.

El trabajo que se presentará ahora parte de ese enfoque constructivista y psicogenético de la teoría de Piaget. Se ha tomado muy en cuenta el hecho de que la compresión que un sujeto tenga de una situación dada, depende estrechamente de su nivel estructural. En todos los niveles del desarrollo hay asimilación, pero ésta se llevará a cabo de acuerdo a las características de las estructuras mentales que el sujeto haya logrado construir. Las operaciones mentales empiezan a construirse a partir de los 18 meses de edad, sobre la base de los esquemas sensorio-motores elaborados por el bebé, pero antes de llegar a constituirse en estructuras reversibles y equilibradas, el sujeto pása por una etapa denominada preoperatoria en que predominan los razonamientos carentes de lógica y caracterizados por un punto de vista egocéntrico, es decir esencialmente subjetivo. Es entre los 7 y los 12 años de edad que el niño construye el sistema de operaciones concretas y las aplica gradualmente a contenidos cada vez más abstractos. Sin embargo, su razonamiento en esta etapa tiene siempre alguna referencia concreta, no siendo aún capaz sujeto de formular adecuadamente hipótesis que le guíen en la búsqueda de la sólución de un problema. El alumno de este nivel tiende a lanzarse de inmediato a la acción y a resolver los problemas por tanteos utilizando el procedimiento de ensayo y error. No es sino en la última etapa del desarrollo intelectual en que el sujeto alcanza el dominio de las operaciones formales, en que el pensamiento adquiere una mayor generalidad, movilidad y equilibrio. En esta etapa que en los sujetos estudiados por Piaget se da entre los 12 y 16 años de edad, el joven adquiere el dominio de una lógica proposicional, puede plantear adecuadamente hipótesis y aplicar el método científico ante un problema dado.

Los trabajos de Piaget y sus colaboradores son de un gran valor para los pedagogos por el caudal de información científica que brindan sobre el desarrollo intelectual del niño. Sin embargo, los intereses de Piaget no estaban en la pedagogía sino en la epistemología; este autor buscaba captar el pensamiento del niño en su forma más espontánea

y natural por lo que no consideró conveniente estudiar la evolución que sigue el niño en la asimilación, comprensión y transferencia de los conceptos que tradicionalmente se imparten en la Escuela, ya que, según él, estaban "contaminados" por la enseñanza escolar.

En el Programa de Investigación en Epistemología Genética y Educación orientado por el objetivo general del IIMEC de contribuir al mejoramiento de la Educación costarricense, se ha pensado en lo importante de abocarse al estudio de la psicogénesis que sigue el alumno en el aprendizaje de los contenidos que se imparten en escuelas y colegios. Puede ser que este análisis no tuviera mucho interés para un epistemólogo como Piaget pero es fundamental para la pedagogía. Conviene conocer las características de la evolución que siguen los estudiantes hasta llegar al dominio operatorio de los conceptos comprendidos en los programas vigentes. La elaboración científica de los curricula depende del conocimiento de esa evolución, desde los niveles más pobres y egocéntricos en razonamiento hasta los niveles en que el alumno alcanza la perfecta comprensión del tema. Si, como dice Piaget, la evolución se da en un orden constante e integrativo en que los niveles inferiores preparan al niño para alcanzar los niveles superiores, hay que dejar que el estudiante viva cada uno de esos pasos cometiendo los errores propios de los estadios iniciales. El error aquí no debe ser corregido por el profesor imponiendo al niño su propio punto de vista, sino que debe entenderse a la luz de los criterios de evaluación y brindar al alumno las experiencias y contradicciones necesarias para que por sí mismo llegue a superarlo.

El conocimiento de los niveles evolutivos condujo también a un análisis crítico de los programas vigentes en el sentido de definir si la presentación de los temas que se han establecido es adecuada. Por otra parte, implica el análisis de la concatenación o secuencia de conceptos que debe darse en las materias de estudio.

Con base en las inquietudes anteriores, se realizó un estudio psicogenético de algunas nociones de física que se presentarán ahora algunos resultados.

El análisis se efectuó en dos etapas: en la primera se plantearon preguntas abiertas en un cuestionario escrito a una muestra de 1000 estudiantes del Area Metropolitana de 8 a 17 años de edad y de nivel socio-económico medio. En la segunda etapa se analizaron algunos contenidos en los que se deseaba profundizar, lo que permitió confirmar los resultados obtenidos en la etapa anterior. Esta segunda parte se llevó a cabo con grupos pequeños de 10 estudiantes por nivel de edad con el método de interrogatorio clínico.

A pesar de la gran diversidad de respuestas fue posible clasificarlas de modo que reflejaran niveles de evolución mental que van desde un primer nivel en el que predomina el enfoque egocéntrico hasta el nivel operatorio en que se da una comprensión adecuada de los temas. En los temas que se han analizado, se ha observado que aparecen uno o dos niveles intermedios en que el sujeto empieza a entender las circunstancias normativas relativas al problema presentado pero no posee aún el marco lógico-matemático que le permitiría inferir correctamente la relación que se da entre esas circunstancias. Se dará un ejemplo para explicar mejor lo anteriormente expuesto.

Ante la pregunta "Por qué te parece que es más difícil subir una cuesta que bajarla?", algunos sujetos dan respuestas que se han clasificado en un nivel I.

Dei (9,3) dice que "bajarla es más difícl porque tengo que caminar mucho para llegar".

Como se ve, se trata de una respuesta en que son obvias las razones subjetivas.

Se observa en algunas respuestas de tipo intermedio que los sujetos empiezan a considerar las circunstancias normativas, objetivas, pero inadecuadas.

Veamos dos ejemplos:

Instituto de Investigación en Educación
Unidad de Información y Referencia
INIE

Man (16, 10) dice:

"Porque al subir una cuesta nuestro peso es más atraído por la gravedad y cuando bajamos es más fácil porque el peso se hace menor".

For (15,10) dice:

"Debido a que por la inclinación o pendiente habrá una fuerza de la gravedad o centrífuga que se opone al cuerpo".

Gradualmente se llega a una mejor comprensión de las circunstancias normativas, por lo menos desde el punto de vista energético. Así,

May (15,10) responde diciendo "Porque uno necesita más energía".

En el nivel operatorio, finalmente, se analiza el fenómeno energético de modo correcto:

Gab (12, 6) "Porque al bajar va como jalado uno y al subir uno tiene que ir dándose el impulso por sí sólo para arriba".

Roy (13, 10) "Al subirla se va contra la fuerza de la gravedad, lo contrario de bajarla, donde uno es atraído por esa fuerza".

Desde el punto de vista pedagógico, el momento óptimo para presentar un tema nos parece ser aquél en que la mayoría de los estudiantes de un grupo se sitúan en los niveles intermedios de razonamiento. Se empiezan a comprender las circunstancias normativas, el marco lógico-matemático que las relaciones está en vías de construirse y se ha superado ya el enfoque subjetivo y egocéntrico del nivel inicial.

El estudio psicogenético se complementó con un análisis de los contenidos de los programas de ciencias vigantes, con el fin de determinar en qué años escolares se introducen los diversos temas de física. Se pudo así definir si los diversos contenidos se introducen en el momento evolutivo ideal (cuando el 70% de los alumnos se sitúa en los niveles intermedios) o si se da una presentación prematura o tardía de los temas. El

análisis anterior puso en evidencia dos fases temporales entre la edad óptima de comprensión y la edad en que el tema es introducido. Así, la ley de la palanca se introduce en primero y noveno año cuando la investigación señala que la edad óptima de comprensión son los 10 años.

En el caso del grafismo vectorial y composición de movimientos se puede concluir que hay también una presentación tardía ya que no es sino hasta onceavo año que los programas introducen el tema a pesar de que ya en sexto año los alumnos están en condiciones para comprender su uso.

Otro aspecto importante que el método empleado ha puesto en evidencia es la falta de concatenación adecuada en la presentación de los temas. Un ejemplo de esto se observa en relación al tema de presión atmosférica el que se estudia en cuarto, quinto y séptimo año de enseñanza general básica. Sin embargo, el concepto de presión no aparece en ningún punto del Programa y el de fuerza, necesario para la comprensión del concepto de presión, aparece hasta onceavo año. Esto obliga al estudiante a inferir un concepto de presión en el que incluirá una noción subjetiva de fuerza y no su noción científica, objetiva.

Puede resultar de interés destacar que este tipo de análisis además de dar indicaciones acerca de los niveles ideales de introducción de los temas en los programas y señalar estrategias para una educación más eficaz, puede también señalar cómo, en ocasiones, la escuela parece ser la responsable de errores que provienen de un uso absurdo del lenguaje técnico. En particular, este tipo de respuestas se presentan con porcentajes muy bajos (2%) en niveles escolares bajos y crece hasta un 17% en onceavo año. La escuela también parece reforzar ciertas confusiones que provienen del uso de términos de lenguaje común en el contexto de la ciencia. Tomaremos dos ejemplos que se analizarán con algún detalle:

a. Calor y temperatura, que en la vida diaria se emplean indiferentemente y que corresponden en ciencia a dos conceptos diferentes.

b. Calor y frío, dos palabras que corresponden a dos sensaciones diversas usadas en lenguaje común como correspondientes a realidades y que corresponden en ciencia a un único concepto.

Los problemas de palabras deben ser superados mediante convenciones y definiciones. "Gran parte del trabajo científico no es más que la creación de un lenguaje específico y preciso y la escuela debería prestar atención a esto.

En el caso d. sólamente el 5% del total de la muestra superan la confusión del lenguaje común. Confusión que se ve reforzada por los libros de texto de ciencia. Por ejemplo, en el tomo IV, serie Valecillos, aparece la frase siguiente:

"El aumento de calor se llama temperatura".

En los programas se encontrarán los temas de calor y temperatura en forma reiterada pero no es hasta noveno año en que parece hacerse un alto en el camino para reflexionar: "Calor y temperatura son diferentes".

Resulta interesante observar que, en la Historia de la Ciencia, aunque las observaciones acerca del calor son antiquísimas y más aún las técnicas asociadas (cocido, cerámica, etc.) no se logra superar el enfoque antropomorfo, de las apariencias e ingresar en la etapa propiamente científica, sino hasta la invención del termómetro.

Ahora bien, en los programas no aparecen en ningún momento termómetros y escalas termométricas aunque sí aparece la definición de "caloría" como unidad de calor, definición para la cual es necesario la medida de temperatura.

En el caso b. se encontró que sólamente un 2% del total de muestra sitúan sus respuestas a nivel operativo, considerando el calor como un continuo. Por ejemplo: ante la pregunta "Necesitas congelar un poco de agua, tienes que darle frío o quitarle calor?". "Por qué?"

El 98% da respuestas de varios tipos pero que implican el concepto de calor y frío como realidades diferentes.

Un tipo de respuestas, mayoritarias, sugieren "dar frío".

Ale (8,3) "Echarlo frío al agua".

Jul (16,11) "Darlo frío porque quitarle calor es dejarla en un estado ni frío ni caliente".

En edades bajas se hace hincapié en la factibilidad o no de realizar el proceso.

Gil (10,5) "Necesito darlo frío porque es lo más usado en nuestros días con refrigeradora".

En edades altas, las respuestas se mezclan a menudo con conceptos de teoría cinética.

For (16,11) "Darle frío para que así sus moléculas pierdan velocidad y se congelen".

Otro tipo de respuestas proponen "quitar calor".

Ale (16,11) "Quitar calor para dar cabida al frío porque al quitar calor se va a congelar por no tener defensa contra el frío".

Otros, finalmente, piden ambos:

Ale (14,9) "Darle frío metiéndola en la nevera y quitarle calor con reacciones químicas".

Finalmente, dar respuestas en las cuales el manejo del concepto de calor es adecuado, sólamente el 2% de los sujetos. Así,

Cin (16,11) "Es lo mismo".

Este porcentaje tan bajo resultó sorprosivo por lo que se insistió en otros instrumentos escritos pasados a muestras similares pero el

resultado fue parecido. Es posible que el problema de vocabulario a que se hacía alusión antes se vea reforzado en forma directa por la escuela, específicamente por los programas. En efecto, la unidad IV del I Ciclo propone:

"El niño y la materia, otras características de los cuerpos: lugar en el espacio y peso, fríos y calientes, secos y húmedos, duros y blandos, luminosos y opacos". Este párrafo parece remontarse a Empédocles y su lucha de contrarios, hace más de 20 siglos.

Los resultados expuestos apuntan hacia la necesidad de ampliar el análisis psicogenético a las demás materias que se imparten a lo largo de enseñanza general básica. El profesor debe saber cuáles son los contenidos de más difícil comprensión en los programas, los diversos tipos de errores que cometen los estudiantes en los diferentes niveles de desarrollo, el momento evolutivo ideal para la presentación de los temas y ser muy cuidadoso en que en esa presentación haya una concatenación adecuada de los conceptos estudiados.

Nuestro esfuerzo va hacia la introducción de una pedagogía científica de modo que la educación formal favorezca la liberación del potencial intelectual y creador del estudiante.

BIBLIOGRAFIA

Claudio Zaki Deb, "Tecnología de la Educación a su aplicación al Aprendizaje de la Física", Ed. CECSA, México.

Lawson, A. y Karplus, R. (1978): "The adquisition of propositional logic and formal operational schemata during the secondary school years".

Piaget, J. (1967): "Psicología, Lógica y comunicativa". Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión.