

## PSICOGENESIS Y SOCIOGENESIS

**Summary:** *Three approaches to the use of History of Science in the teaching of Physics are discussed in the first place: the historical presentation of themes, the social aspects of science, and the psychogenesis and sociogenesis of physical concepts. The latter approach has been particularly successful, especially after the numerous research projects undertaken by Jean Piaget, in which questions of the type "How does x take place?" are substituted for questions of the type "What is x?" As an example of the use of such a methodology, the psychogenesis and sociogenesis of the concepts of heat and temperature are analyzed, with reference to the problems that arise in the teaching of the corresponding physical notions.*

**Resumen:** *Se analizan en primer lugar tres posiciones en cuanto al uso de la historia de la ciencia en la enseñanza de la física. Estas tres posiciones son: presentación histórica de los temas, visión social de la ciencia, psicogénesis y sociogénesis de los conceptos. Este último enfoque ha resultado particularmente exitoso después de las investigaciones de Jean Piaget, en especial por énfasis en las preguntas del tipo "¿Cómo es que ocurre x?" en vez de "¿Qué es x?". Como ejemplo de utilización de este enfoque, se analiza la psicogénesis y sociogénesis de los conceptos de calor y temperatura, a la luz de los problemas que se presentan en la enseñanza de las correspondientes nociones de la física.*

**A. La Historia de la Física en la Enseñanza de la Física y como Laboratorio de Epistemología**

El uso de la historia de la ciencia como alternativa para mejorar la enseñanza ha sido debatido desde hace ya algún tiempo. Ahora bien existen tres líneas, diferentes, aunque en ciertos casos complementarias en las cuales puede ser considerado este aporte.

1. La historia de la física como instrumento catalizador en la enseñanza; presentación histórica de los temas.
2. El uso de la historia modelando el ritmo de enseñanza a escala social y humana. Visión social de la ciencia.
3. Psicogénesis y sociogénesis de los conceptos. Uso de la historia de la ciencia como laboratorio.

En el primer caso:

1. El utilizar la forma histórica para exponer los temas es tal vez donde se centran las discusiones y donde el debate no es claro, a falta de bases experimentales sólidas.

Algunos que están en contra de la "forma histórica" de introducir los temas argumentan:

—Pérdida de tiempo. El tiempo que se dedica al estudio de la física en los programas es escaso y en este sentido el utilizar una presentación histórica puede hacer perder valioso tiempo.

—A historicidad de la física. La física se refiere a conocimientos objetivos que no dependen de su proceso de elaboración y en este sentido puede estudiarse en forma a-histórica sin necesidad de alargarse sobre falsas pistas, modelos ad hoc, etc. En efecto: nada se gana en el estudio de la óptica si se sabe por qué y en qué orden Newton efectuó sus experiencias con prismas y, todo sumado, lo importante es la óptica.



Otro argumento a menudo planteado es que el desarrollo histórico, si bien puede despertar interés en algunos estudiantes, en otros no lo hace.

Quienes están a favor de la introducción de la presentación (por lo menos ocasional) histórica, argumentan:

—Introduce no sólo el producto (la ciencia) sino el proceso de desarrollo, lográndose así un énfasis en el método de la ciencia.

—El enfoque histórico permite el uso de excelentes recursos didácticos (reproducción de experiencias históricas, etc.).

—Este enfoque puede según algunos docentes servir de catalizador para el interés de los alumnos. Además, todas las teorías explicativas son en general cortas, momentos históricos, y su génesis histórica es esencial para una profunda comprensión de la teoría, de sus límites y perspectivas.

2. El uso de la historia de la ciencia puede considerarse como elemento formador pues es fundamental, no sólo para comprender la historia de la civilización en su conjunto, sino la más apremiante, aquella historia de la que somos parte, la contemporánea. Es ahora cuando la ciencia ha cambiado cualitativa y cuantitativamente la vida humana.

Si lo anterior es válido en general, lo es tanto más para el estudiante de física. En efecto, el tener conciencia histórica de su disciplina es lo que, tal vez, constituya la diferencia entre el físico y el técnico en física. La física, como producto humano y social adquiere su dimensión a través de la comprensión de su historia. En este planteamiento hay bastante acuerdo.

3. La tercera opción se refiere al uso de la historia de la ciencia como "laboratorio" y banco de prueba para la epistemología. En efecto, el problema del incremento de conocimiento puede estudiarse desde el punto de vista de la especie (historia de la ciencia) y desde el punto de vista del individuo (psicología del desarrollo) y, sin pretender que la sociogénesis recapitule la psicogénesis ni viceversa, es posible encontrar entre ambas mecanismos comunes que permitan explicar el paso de un estado menor de conocimiento a otro mayor. Parece razonable esperar que existan esas relaciones y mecanismos comunes pues el conocimiento es una actividad humana de adaptación de experiencias externas a estructuras internas, adaptación que se da a escala so-

cial e individual.

El estudio de modelos superados en la historia de la ciencia y que se siguen manifestando espontáneamente con la ayuda de referencias cruzadas entre psicogénesis y sociogénesis puede dar útiles indicaciones acerca de los caminos a seguir en pedagogía así como el tipo de concatenaciones que es conveniente presentar al elaborar los programas de ciencias.

## B. Justificación Piagetiana

Existen numerosos ejemplos en la historia de la ciencia en que, preguntas de corte metafísico, "¿Qué es...? ¿Por qué sucede...?", han resultado singularmente estériles, mientras que al modificarse la pregunta por "¿Cómo es que...? ¿En qué condiciones es que...?", los resultados positivos no se han hecho esperar.

En el campo de la teoría del conocimiento las preguntas tradicionales "¿Qué es lo que conocemos?" "¿Cómo lo conocemos?", han dado origen a numerosas tomas de posición filosóficas que se han transformado en otras tantas epistemologías.

La originalidad de Jean Piaget consistió en cambiar la pregunta tradicional a ¿Cómo pasa el sujeto de un estado de menor conocimiento a otro de mayor conocimiento?

Ahora bien el problema del incremento del conocimiento puede estudiarse desde el punto de vista de la especie (historia de la ciencia) y desde el punto de vista del individuo (psicología del desarrollo).

J. Piaget plantea tres métodos complementarios por utilizar en epistemología genética:

a) El análisis formalizante, que trata el problema de la estructura formal del conocimiento.

b) El análisis psico-genético, que se refiere a la caracterización de los estados de conocimiento en niveles sucesivos y los mecanismos de paso de un nivel a otro.

c) Método histórico-crítico, es decir la reconstrucción de la historia de la ciencia en tanto análisis de los procesos conducentes de un nivel de conocimiento a otro.

Aunque el interés de Piaget en la historia de la ciencia, fue constante, su actividad se centró en el estudio de la adquisición de conceptos y estruc-



turas por parte del individuo y no fue sino al final de su vida cuando, en colaboración con Rolando Gargía utilizó en forma sistemática los análisis histórico-crítico. El último libro de Piaget que titula *Historia de la ciencia y psicogénesis* es el fruto de esta colaboración.

El Centro de Epistemología Genética que dirige el matemático y epistemólogo Gil Henríquez inició, luego de la muerte de Piaget, un ambicioso programa conjunto en el cual se estudia la semantización y geometrización del movimiento utilizando en forma sistemática psicogénesis y sociogénesis.

“La methode de recherches conjuguées sur le développement des connaissances chez l'enfant et dans l'histoire, associées a l'emploi de techniques de formalisation, n'est que pratiquée en dehors du C.I.E.G.”.

El párrafo anterior aparece en el plan propuesto por el C.I.E.G. al “Fond National de Recherche” Suizo para el período 1980-1984.

Esta línea de investigación es en realidad poco usada y original y aún subsisten dudas metodológicas. Ahora bien, la falta de “camino trazados” puede ser peligrosa por lo que proyectos de este tipo deben considerarse esencialmente interdisciplinarios, de equipo y eminentemente exploratorios.

En efecto la posibilidad de compatibilizar el método psicogenético y el histórico-crítico puede dar lugar a equívocos sistemáticos el más claro de los cuales sería el pretender explicar la ontogénesis a partir de la sociogénesis o viceversa. Sin embargo, referencias cruzadas, relaciones no banales, el estudio de cómo y por qué se siguen encontrando en los sujetos actuales modelos de explicación ya superados hace tiempo por el conocimiento científico, podrían dar útiles indicaciones acerca de los caminos por seguir en pedagogía así como el tipo de concatenaciones que convendría presentar al elaborar los programas de ciencia.

Por otra parte así como se acepta que “la historia de la ciencia es el laboratorio del epistemólogo”, para el historiador de la ciencia puede justificarse el recurrir al método psicogenético ante la imposibilidad de controlar experimentalmente las afirmaciones relativas a la historia de la ciencia, sobre todo en los estados iniciales.

### C. Sociogénesis y Psicogénesis

*Un ejemplo.* Se presentará a continuación a

modo de ejemplo un estudio en el tema de calor y temperatura utilizando el método psicogenético e histórico crítico (1).

*Hipótesis de trabajo general:* El conocimiento es una actividad humana de adaptación de estructuras internas a experiencias externas. Se da a escala social e individual y puede determinarse la relación existente en los mecanismos de paso de un nivel de conocimiento a otro en ambos casos.

#### 1. Justificación del tema escogido:

En los programas de ciencia de I, II y III ciclo actualmente vigentes en Costa Rica el énfasis que se da a los temas de calor y temperatura es grande, tanto que un 30% de los contenidos de física se refieren a esos temas. Sin embargo, recientes investigaciones realizadas en el Instituto de Investigación para el Mejoramiento de la Educación Costarricense (I.I.M.E.C.) (2), han mostrado resultados desoladores. En una muestra de 1000 alumnos de 9 a 17 años y estrato socio-económico medio, el 98% confundía los conceptos de calor y temperatura, conceptos que los programas escolares introducen a partir de 2º grado; además un 95% considera el frío y el calor como realidades separadas a pesar del estudio de la teoría cinética. Esta visión dicotómica parece reforzarse aún en los programas. Por ejemplo, en el programa de ciencias de segundo grado aparece: “Propiedades de la materia”: “cuerpos fríos y cuerpos calientes, cuerpos secos y cuerpos húmedos, cuerpos opacos y cuerpos luminosos...”

Por otra parte, y sin querer ahondar en la falta de preparación de los maestros (3), los materiales didácticos, en particular libros de texto refuerzan la confusión entre calor y temperatura. Por ejemplo en el tomo 3, de la serie Valecillos aparece: “Si frotamos dos trozos de madera uno contra otro, ambos se calentarán. *Este aumento de temperatura se llama calor*”.

Ahora bien el problema es sin duda difícil y se ve dificultado por cuestiones de tipo puramente semántico. Dos palabras, calor y temperatura, que se refieren a dos conceptos diferentes se utilizan en la vida diaria para denotar una sola cosa y dos palabras, frío y calor, que se refieren a un sólo concepto físico, se utilizan para referirse a dos sensaciones diversas.

El estudio que se presenta tiene por objeto el estudio cualitativo de los modelos que el niño y adolescente construyen en forma espontánea sobre calor y temperatura.



El conocer estos modelos espontáneos puede constituir un punto de referencia para montar nuevos programas escolares y pueden explicar adónde se sitúan las dificultades que provocan el tan escaso aprovechamiento escolar en los temas.

## 2. Problema:

Estudio de los modelos espontáneos que el niño crea sobre temperatura. En el niño y el adulto se da el uso de las palabras: calor, frío, temperatura, pero ¿se dan en el niño modelos espontáneos diferentes para calor (o frío) de temperatura? o la utilización de diferentes palabras no implica distintos modelos?

¿Son estos modelos puramente cualitativos o se introducen en ellos elementos cuantificadores: En caso afirmativo ¿cuándo?

## 3. Metodología general:

Con el método histórico crítico se consideran cuatro niveles característicos de evolución.

El análisis psicogenético usado es el de interrogatorio clínico y la técnica usada consta de cuatro fases:

I fase: Discusión sobre objetos que son fríos o calientes, mantenida a nivel cualitativo y que permita observar determinados modelos de clasificación, dicotómicos, seriales.

II fase: Se calienta agua en un recipiente y se trata de centrar la discusión en el proceso de calentamiento.

III fase: En tres vasos de plástico se colocan diferentes cantidades de agua caliente. Se pide al niño discutir acerca del calor y la temperatura que posee el agua. Luego se introduce un cubo de hielo en cada vaso y se pide al niño preveer cómo será la temperatura una vez fundido el hielo.

IV fase: Se trata de que el niño represente la situación de los vasos por medio de gestos. Mano arriba indica agua caliente; mano abajo hielo (frío). ¿Con qué gesto expresará lo que sucede?

## 4. Población:

Con la técnica anterior se interrogó a 10 niños entre 8 y 10 años y diez adolescentes entre 14 y 16 años. En este sentido la investigación se pretende meramente exploratoria. Otra investigación con muestras estadísticas válidas podría montarse utilizando esta técnica.

## D. Análisis Histórico Crítico

Aunque la importancia de la energía calórica en la vida humana es inmensa y evidente, el análisis teórico fue tardío y puede decirse que el enfoque egocéntrico, meramente cualitativo, no fue superado sino hasta avanzado el siglo XVII a pesar del intento de cuantificación producido en el siglo XIII. Esto se debió en parte a la dificultad de aislar y formalizar los conceptos básicos de temperatura y calor.

En efecto lo que produce esa sensación psicofisiológica básica que en la vida diaria llamamos "frío" o "calor" es la diferencia de temperatura entre nuestro cuerpo y el objeto o el ambiente en cuestión. Así, nuestra piel es en realidad "un termómetro" pero el contexto de la experiencia no es sencillo. Existen diversas causas físicas, químicas y psicológicas entremezcladas. En realidad en la vida diaria si hablamos de calor o frío nos referimos en última instancia a nuestra sensación.

Se tratará a continuación de señalar cuatro etapas en la historia de la ciencia, señalar sus características y tratar de individualizar los caracteres específicos de cada una y los mecanismos que produjeron el paso de una etapa a otra.

### I. Etapa: Enfoque antropomorfo

A pesar de la importancia de la energía calórica en la vida humana y de la rápida expansión de las técnicas anexas (cocido, cerámica, iluminación, etc.) y de la importancia concedida al "fuego" y al "calor" en los sistemas cosmológicos y físicos de la antigüedad, puede decirse que el estudio del calor no superó la etapa meramente cualitativa, de indiferenciación entre calor y temperatura hasta que fue posible superar la apreciación subjetiva de calor y frío, que responde en realidad a la temperatura, por medio del termómetro. En esta primera etapa el modelo aceptado en forma casi general hasta el Renacimiento fue el de Aristóteles. En éste se postula la existencia de dos pares de cualidades fundamentales calor y frío, seco y húmedo cuyas uniones no contradictorias actualizan las formas en potencia de los cuatro elementos (el fuego es seco y cálido). La temperatura (o temperamento) de un cuerpo indica la proporción que en él se encuentran estos dos pares de cualidades.

Para Aristóteles el calor:

a) tiene el carácter *dicotómico* de los pares opues-



tos (frío, caliente, arriba, abajo, etc.).

b) es una *cualidad*, categoría absolutamente diferente de la cantidad.

Como toda cualidad puede darse en grados diferentes de intensidad, Galeno había propuesto una representación del calor y el frío por grados numéricos que luego había sido adoptada por los médicos árabes y latinos. La escala más conocida era de cuatro grados hacia el frío y cuatro hacia el calor, un "punto cero" de "calor neutro" que no era ni frío ni calor.

Debido a la poca confiabilidad de la piel como termómetro que permitía sentir ese "calor neutro" como frío o calor según que la persona proviniera de un ambiente caliente o frío, Galeno propuso lo que hoy llamaríamos un "patrón": una mezcla de cantidades iguales de la sustancia que el consideraba la más caliente (agua hirviendo) y la más fría (hielo). Esta mezcla daría el "calor neutro".

## II Etapa: Primer intento de cuantificación

En los siglos XII y XIII se da un temprano intento de cuantificación el cual no tiene éxito en cuanto que el método va más allá de las posibilidades prácticas, reales y teóricas de la época.

En polémica con Aristóteles los llamados "Calculadores" del Merton College intentan reducir diferencias cualitativas a cuantitativas que pudieran expresarse en forma matemática (geométrica y aritmética). Este paso fundamental se dio junto con el surgir de la idea de dependencia funcional.

El objeto de los Mertonianos era expresar cómo el valor numérico (la intensidad) que se le daba a los grados de una cualidad como el calor, cambiaba respecto a una forma invariante (la extensión) tal como el tiempo o la cantidad de materia.

Este método de expresar relaciones funcionales no tuvo éxito pues, el método para ser eficaz depende de que puedan darse medidas sistemáticas y esto no podría hacerse en esa época por dos razones:

a) No existía un aparato que midiera ese "grado de cualidad" en forma objetiva y reproducible. El único termómetro seguía siendo la piel.

b) La concepción sobre la naturaleza del calor seguía siendo dicotómica. Un sistema de medidas viables se da mucho más fácilmente cuando a la dicotomía de pares opuestos (frío y calor) se sustituye el concepto de una sola realidad que varía en

forma lineal y continua. Este cambio no se producirá hasta el siglo XVII.

## III. Parte: Cuantificación, siglos XVII y XVIII.

a) Se construyen los aparatos (termómetros) que permiten en forma reproducible y objetiva poner en correspondencia estados térmicos con números reales.

b) Se supera la visión dicotómica en cuanto a la naturaleza del calor.

Estos factores permitirán a Black realizar la labor experimental y teórica que ayudó a aislar el concepto de temperatura e introducir la necesidad de definir en forma aislada el concepto de cantidad de calor (concepto involucrado y responsable de los procesos de cambio de temperatura).

Black realizó el análisis de las posibles relaciones funcionales entre los términos que podían estar involucrados: temperatura, tiempo, volumen, peso, cantidad de calor. El uso del termómetro permitió establecer en las experiencias:

— Dos cantidades iguales de una sustancia dada, inicialmente a temperaturas diversas, si se mezclan, llegan a una temperatura media.

— La cantidad de calor involucrada en un proceso de cambio no dependen del volumen, sino que es proporcional a la masa (peso) y a la diferencia de temperaturas  $Q \propto m \Delta t$ . Además depende del tipo de sustancia (calor específico)  $Q = C_e m \Delta t$ .

— Cuando se produce un cambio de estado no se da un cambio de temperatura y la cantidad de calor involucrado depende solo de la masa y del tipo de sustancia (calor latente)  $Q = Lm$ .

Quedan, pues, establecidas las relaciones funcionales y el estudio del calor entre en la etapa cuantitativa.

En cuanto a la naturaleza de esa "cantidad de calor" se desarrollan dos tipos de teoría. La primera (siguiendo a los discípulos de los atomistas) considera el calor como una sustancia, esta sustancia será luego el "calórico", la segunda (mecanicista) considera el calor como movimiento ya sea de las partículas que constituyen la materia, ya sea el movimiento de partículas sutiles muy parecidas a las de los atomistas (Bacon, Descartes). Algunos (Boyle, Newton) adoptan posiciones divergentes según los casos.

En realidad la primera posición tomará la delan-



tera sea por razones de moda (fluído eléctrico, flogisto, calórico) sea porque parece adaptarse mejor a las evidencias experimentales de cuantificación. En realidad, ambas sirven en ese entonces, pues las relaciones funcionales no dependen de la naturaleza que se le atribuye al calor: con ambas se supera la visión dicotómica.

### III Etapa: Siglo XIX formalización termodinámica.

El esfuerzo experimental y epistemológico de los siglos XVII y XVIII llevó la ciencia del calor del estado cualitativo al de ciencia cuantitativa preparada para realizar en el siglo XIX una verdadera revolución en el plano teórico, unificando ciertos aspectos mecánicos, eléctricos, químicos y térmicos en una síntesis tan espectacular y de largo alcance como la newtoniana.

Esta fue la obra de Rumford, Joule, Mayer (I principio de la Termodinámica) completada por Helmholtz y Kelvin.

### E. Psicogénesis

El análisis psicogenético realizado con el método y la población antes apuntada no presentó diferencias apreciables en las Fases I, II y III en cuanto los grupos A y B así que se presentarán en forma conjunta.

#### I Fase

Ante la pregunta de "¿Qué cosas son frías?" "¿Qué cosas son calientes?" Se presenta una primera organización de clases separadas, frías y calientes. El esquema se afina al introducirse otras clases intermedias: helada, tibia, normal, muy caliente... Aparece también un intento de seriación, por ejemplo, un objeto caliente o menos caliente que otro.

$$t_1 > t_2 > t_3$$

Esta cualidad es transitiva

Si  $t_1 > t_2$  y  $t_2 > t_3$  entonces  $t_1 > t_3$

El criterio que toman los niños para clasificar es el tacto y los gastos son evidentes en este caso.

Exp. ¿Y esta mesa? Mas (10) (la toca) - "Menos caliente"

Exp. ¿Y la pared? Mas toca (con el antebrazo) - "Tibia".

Exp. ¿Y la cucaracha? Ing. (9) "no sé, no la he tocado".

Exp. ¿Cuál es la diferencia entre tocar con la mano o con el brazo? Mas (10). Con el brazo es mejor porque tiene menos calor, está normal. La mano estuvo escribiendo y tiene más temperatura.

Interesante resulta el criterio de "normalidad" que parece ser la cualidad de no provocar sensaciones de "Frío" o de "Calor".

En niños del Grupo A se encontró un inicio de caracterización del calor del frío como algo en sí y cuya importancia recíproca es lo que provoca la sensación.

Exp. ¿Esta agua tiene calor? (Ing.) (toca) sí.

Exp. ¿Y frío (Ing.) sí un poco menos.

Al pedirle que clasificara algunos objetos se produjo un esquema serial del tipo siguiente:

Agua	.....	poco calor	/	medio frío
Lana	.....	medio calor	/	medio frío
Sopa	.....	mucho calor	/	poco frío
Hielo	.....	poco poco calor	/	mucho mucho

En general, sin embargo, puede decirse que el calor y el frío se consideran simplemente cualidades del objeto, cualidad que pueden cambiar, no son fijas. Por ejemplo, el agua puede estar fría y calentarse, o bien volverse "normal".

Dos casos se presentan en los que esta cualidad no era considerada universal.

Exp. "¿Y esta mesa?" Nat (15) No se puede decir nada.

Exp. "¿Porqué?" Nat (15) Porque no pude decirse que tenga temperatura o calor.

Exp. "¿De qué cosas no puede decirse eso?" Nat. "por ejemplo del filo de la mesa, y otras cosas"...

#### 2 Fase Proceso de Calentamiento

La aceptación general por parte de los niños de que los objetos pueden cambiar de un estado A a uno B, se tomó como base para efectuar ante ellos la experiencia de calentar un poco de agua y pedirles que describieran lo que sucedía. Se encontró una profunda resistencia a hacerlo, es decir a pesar de la simple descripción "se calienta porque está sobre el fuego" a una explicación causal. Las sugerencias de tomar en cuenta el proceso (el paso de calor) simplemente no fructificaron y las respues-



tas se mantuvieron en el nivel descriptivo.

### 3 Fase: Circunstancias normativas del proceso

Se les pidió ante todo discutir acerca del calor y la temperatura que tenía el agua caliente colocada en tres vasos, uno casi lleno, otro a 1/2 otro con 1/4. No se encontró ningún caso en el cual fuera evidente que el niño distinguiera los términos de calor y temperatura. Se les pidió luego predecir la temperatura de los tres vasos después de introducir un cubito de hielo en cada uno de ellos.

Pocos (4/20) consideraron que la cantidad de agua no influía. El modelo más evolucionado que se encontró lo presentó un niño de 11 años y presenta un intento de formulación pre-proporcional muy interesante. = Mar (11) "El calor (del agua) desaparece porque el frío tiene potencia". "Aquí (señala el vaso con menos agua)" el hielo enfrió esto pero aquí (señala que tiene más agua) se queda agua caliente sin enfriar.

El razonamiento empleado puede esquematizarse así:

X : porción de hielo  
0 : porción equivalente de agua caliente

X0

X00

X000

Puede hacerse la hipótesis razonable que una pedagogía activa que incluya el termómetro como elemento cuantificador objetivo haga pasar en forma rápida de este modelo espontáneo al cuantitativo de Black.

### 4 Fase

Se pidió al niño representar con gestos el cambio producido al introducir hielo en los vasos. Mano baja indica frío (hielo) mano en alto indica calor (agua caliente). Al introducirse el hielo en agua interpretar con las manos lo que sucede.

En este caso se notó una diferencia de comportamiento entre los grupos A y B. En el grupo A, 6/10 no hicieron el gesto en forma contemporánea y 5/10 no nivelaron ambas manos. En el grupo B sólo 2/10 no lo hicieron en forma contemporánea ni nivelaron ambas manos.

De la muestra total 8/20 nivelaron las manos en forma cualitativa correcta, es decir más arriba o

más abajo según hubiera más o menos agua. Sin embargo, solo 2/20 (uno en A y otro en B) hicieron la reflexión de que esto era "más o menos así" y no sabían "exactamente a donde llegaba".

Al inicio de la experiencia se hizo la hipótesis de que una posible fuente de dificultades podría ser el hecho de que la temperatura es una magnitud seriable y transitiva pero no es aditiva,  $t_1 + t_2$  no tiene sentido. Esta hipótesis no fue probada porque ninguno de los niños intentó "sumar" con el gesto la temperatura del agua y la del hielo. Todos aceptaron que la temperatura final fuera un promedio, aunque no fuera contemporánea ni esta temperatura resultante fuera única.

### Conclusión

El modelo más avanzado que se encontró en el estudio psicogenético está lejos de superar la dicotomía frío-calor; por otra parte queda claro que en general el calor es considerado como una *cualidad*, esta puede cambiar y en la cual pueden establecerse grados. El concepto de Galeno de "calor neutro" se encuentra insistentemente en nuestros estudiantes, es el estado "normal", estado que para ellos separan las clases frías y calientes. Ahora bien, nada en la vida diaria los lleva a tener que superar este modelo y es entonces función de una pedagogía adecuada el que pueda realizarse esta superación.

En la historia de la ciencia la posibilidad de superar el estado puramente cualitativo de indiferenciación entre calor y temperatura, que implica una separación de términos y una adecuada relación funcional entre ellos solo pudo darse cuando se produjo superación de modelos dicotómicos que facilitó la posibilidad teórica de realizar medidas en forma sistemática con la posibilidad práctica de realizar estas medidas, reproducibles y objetivas con los termómetros.

Podemos establecer la hipótesis de que la introducción del termómetro en experiencias de tipo Black, junto con el estudio del modelo cinético del calor podría llevar a nuestros estudiantes a una comprensión cuantitativa adecuada. Ahora bien las relaciones funcionales involucradas son características de un nivel de pensamiento formal, hipotético deductivo, el cual, según los datos psicogenéticos recogidos hasta el momento aparece en la adolescencia.

Proponemos pues un trabajo experimental en el



que se pruebe una metodología activa, con experiencias tipo Black, con la introducción del termómetro y el estudio del modelo cinético pero a un nivel escolar de treceavo año, es decir correspondiente a los catorce o quince años de edad.

Si los resultados fueran positivos podría pensarse en sugerir el abandonar los grandes esfuerzos que se hacen al introducir el tema a edades demasiado tempranas y que resulta tan poco eficaz.

#### NOTAS

(1) Este estudio se realizó en el marco del proyecto "Relación entre el uso de algunos modelos de explicación en la historia de la Física y su uso por parte de sujetos no especializados", 02-07-04-37. Aprobado por la Vicerrectoría de Investigación en 1982. En la parte psicogenética se contó con la ayuda de la Dra. Androula Henriquez de la Universidad de Ginebra y colaboradora de Piaget durante muchos años, cuya venida a Costa Rica fue posible gracias al CONICIT.

(2) Proyecto en Psicopedagogía. "Análisis de capacidad inductiva". Responsable Dra. Giuliana Vicarioli.

(3) En los cursos de "La física en la escuela" en la Junta de Pensiones dos grupos de 20 maestras cada uno no presentó en sus respuestas diferencias apreciables en los temas de calor y temperatura a los presentados por los niños.

#### BIBLIOGRAFIA

Erickson, G. *Children's conceptions of heat and temperature*, Sci. Edu. 1979 63(2), 221-230.

Erickson, G. *Children's viewpoints of heat: a second look*, Sci. Edu. 1980 64(3), 323-336.

Guesne, E. Tiberghien, A. & Delacote, G. *Méthodes et résultats concernant l'analyse des conceptions des élèves dans différents domaines de la physique*. Rev. Fran. Péda. 1978, 45, 25-32.

Piaget, J. García R. *Les explications causales. Etudes d'epistemologie génétique*. Vol. XXVI P.U.D. (1972).

Shayer, M & Wylam, II. *The development of the concept of heat and temperature in 10-13 years-olds*. J. Res. Sci. Teach. 1981 18(5), 419-434.

Crombie, A. C. *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo* [2. Alianza Universal, Madrid 1974.

Taton, R. *Historia General de las Ciencias* tomos 1, 2, 3. Ed. Destino, Barcelona 1972.

Sarton, G. *Historia de la Ciencia*. Tomos 1, 2, 3, 4. Ed. Universitaria de Buenos Aires 1965.