

Descubriendo las ideas de los niños. Calor y temperatura

Salvador Jara Guerrero, Ana Ma. Ramírez López,

Nuria E. Torres Latorre y Javier Cruz Mandujano

Departamento de Física,

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

y

Coordinación de Investigación Educativa, CIDEM. Apartado postal 139-C, 58260

Morelia, Mich.

(Recibido el 18 de mayo de 1990; aceptado el 3 de agosto de 1990)

Resumen. Se presentan los resultados de un trabajo con niños urbanos y rurales de una edad promedio de diez años en torno a temas sobre calor y temperatura. Se realizaron actividades con experimentos sobre calorimetría. El objetivo del trabajo fue analizar las concepciones infantiles y la influencia de las actividades experimentales. Encontramos que nociones como la conservación del calor y el equilibrio termodinámico surgen a edades muy tempranas, pero íntimamente relacionadas a un modelo similar al del calórico.

PACS: 01.40.-d; 01.40.Ej; 01.40.Gm

1. Introducción

Las explicaciones que vamos construyendo desde niños para tratar de comprender e incluso predecir los fenómenos cotidianos están por supuesto íntimamente ligadas a la experiencia directa de los sentidos y al conocimiento social que tenemos del lenguaje. Todo este conocimiento va conformando un referente interpretativo de experiencias posteriores; pero no sólo interpretamos nuestras vivencias a través de estos filtros que conforman nuestro sentido común sino también cualquier experiencia indirecta que pretendan transmitirnos, por ejemplo todo el bagaje de conocimientos escolarizados.

El conocimiento no es algo que pueda ser trasladado de manera inalterable de una persona a otra, ni puede ser obtenido de manera única a través de experiencias similares, puesto que cada sujeto tiene su propio sistema referencial. El reconocimiento de que el aprendizaje es un proceso de construcción personal y de la influencia de factores "no objetivos" en la construcción del conocimiento (desde el aprendizaje empírico y el escolarizado hasta al que se somete un investigador durante su actividad) han propiciado la preocupación por variables del proceso de aprendizaje antes no contempladas. Al ser evidente que hay conceptos y estrategias usados por los estudiantes que parecen ser impermeables a los cursos, los errores

comenzaron a ser vistos como algo más que una respuesta equivocada para pasar a ser las mejores fuentes de información sobre los conocimientos que poseen los alumnos, sus modelos de explicación y las estrategias que utilizan al formular y contestar preguntas. Surge entonces lo que ahora se ha dado en llamar estudios sobre “esquemas alternativos” o “esquemas de sentido común”, se pretende analizar los “errores inteligentes” [1] para encontrar modelos subyacentes con coherencia interna que justifiquen las conclusiones a que arriban los estudiantes.

Decimos que los niños parecen esponjas porque absorben todo, pero deberíamos decir que “reconstruyen todo”; su curiosidad es envidiable, se dice que son como científicos: buscan, inventan, crean. No se conforman con observar o manipular, quieren entender lo que ocurre y preguntan a todo por qué. Con su experiencia personal y con las respuestas que logran obtener a sus preguntas van construyendo poco a poco sus propias teorías.

El solo hecho de que los infantes sean capaces de analizar los fenómenos que observan y de interpretar las respuestas adultas representa una gran riqueza en su formación intelectual, sin embargo, el interés de conocer con detalle estas ideas y su evolución ayuda a desarrollar estrategias más eficientes para la enseñanza de las ciencias. Los errores pueden verse como etapas necesarias del desarrollo siempre y cuando sean un medio, se usen como experiencias previas, como escalones, pero que al final sean sustituidas. Sin embargo, con frecuencia encontramos que los modelos que se generan en edades tempranas pueden también representar un obstáculo serio para la futura formación científica de los estudiantes, si se mantienen intactos hasta los niveles educativos superiores a pesar de los cursos de ciencias.

2. Metodología

En este trabajo analizamos las ideas infantiles con el objeto de deducir algunos esquemas alternativos; lo que presentamos es producto del trabajo efectuado con varios grupos de niños [2] con una escolaridad de entre tercero y cuarto grado de primaria y promedio de edad de diez años, los grupos de trabajo estuvieron constituidos por un mínimo de cinco niños, un máximo de 26 y un promedio de 15 niños por sesión; el trabajo con cada grupo consistió en un mínimo de cinco sesiones y un máximo de trece con duración aproximada de dos horas cada una. Trabajamos además con dos grupos escolares de tercer grado completos, de más de cuarenta niños cada uno, una sesión de aproximadamente una hora.

Los resultados que se presentan son producto del análisis de registros de corte etnográfico [3] realizados durante todas las sesiones y de entrevistas abiertas informales realizadas con los niños durante los talleres; de tal manera que las conclusiones son cualitativas y no pretenden tener significación en el sentido estadístico convencional sino que se presentan como hechos que no podemos generalizar pero que hemos confirmado que existen.

Las sesiones llevadas a cabo siguieron, en general, la misma dinámica: se retomaba la actividad anterior para derivar las experiencias subsecuentes; se relacionaban las nuevas actividades con la sesión anterior y se realizaba ésta dividiendo a

los niños en equipos. Durante los talleres se dieron una diversidad de situaciones en las que se hacían preguntas a los niños, y éstos observaban o realizaban algún experimento, según el caso; al final de cada sesión se realizó alguna actividad complementaria para apoyar los conceptos trabajados en los experimentos a través del dibujo u otras actividades como fueron la preparación del atole (bebida hecha de una mezcla de agua o leche con harina), o la construcción de globos aerostáticos. Los niños gustaron de estas actividades, que además de permitir la expresión, proporcionan un momento de mayor relajación y menos concentración; además, auxilian el avance y permiten al niño asociar los contenidos a situaciones de la vida cotidiana y cumplen un papel de evaluadores (como es el caso de los dibujos con explicación).

En el trabajo con niños rurales tuvimos mayor dificultad que con los urbanos para establecer una metodología de trabajo con amplia participación, las preguntas muy abiertas (*i.e.* ¿qué crees que esté pasando?) eran difícilmente contestadas por lo que optamos, en muchos casos, por hacer preguntas más concretas y en ocasiones con alternativas de respuesta, de tal forma que los niños sólo elegían la que les parecía más adecuada. Lograr explicaciones muy acabadas de los niños rurales no fue fácil, y aunque realizamos entrevistas individuales para ahondar sobre las concepciones de los niños, gran parte del material de referencia lo constituyen los registros de corte etnográfico de las sesiones [4].

El desarrollo específico de los talleres y la selección de preguntas que permitieran indagar las concepciones de los niños dependieron mucho de las características de cada sesión y prácticamente se improvisaron, aunque en todos se mantuvo la planeación general.

Un comentario adicional es que, en general, la participación de las niñas fue menor, y esto fue mucho más notorio en la zona rural [5].

Finalmente, reconociendo las diferencias reales entre el trabajo con grupos pequeños y el trabajo del maestro en el aula, consideramos que de nuestro trabajo se podrán rescatar sugerencias para la actividad docente cotidiana, para el uso de diversos materiales y su integración al resto de los contenidos programáticos de cada grado escolar.

En lo que sigue describimos algunos de los modelos y explicaciones que dan los niños, siguiendo en general el orden de los temas como se dio en los talleres; y al final apuntaremos algunas conclusiones y recomendaciones didácticas.

Calor y temperatura

Los niños, desde los siete años, diferencian, en principio, los términos de *Calor* y *Temperatura*; por supuesto que no les asignan el significado aceptado por la ciencia, pero aseguran que se trata de dos cosas distintas (a pesar de que en el lenguaje cotidiano puedan usarse como sinónimos). Durante nuestro trabajo, los niños tendieron a dar definiciones por analogía [6], identificaron el concepto de *Calor* con el sol, la lumbre, lo caliente, lo que calienta; y la *Temperatura* con el aire, el viento, el frío, y sobre todo, con la calentura (fiebre). En general, los niños relacionaron el *Calor* con

una fuente de energía térmica y la *Temperatura* con el clima o con la fiebre, lo que parece ser producto del uso cotidiano de estos términos en el lenguaje cotidiano [7].

La primera explicación que dan los niños acerca de la relación entre *Calor* y *Temperatura*, una vez que se han familiarizado con el uso del termómetro a través de mediciones utilizando agua a diversas temperaturas y hecho mediciones de la temperatura corporal, es que la *Temperatura* es proporcional a la cantidad de calor recibido por el objeto cuando se trata de “cantidades” iguales (la relación de igualdad la definieron en términos de volumen y no de masa). Sólo en niños muy pequeños (5 y 6 años) encontramos que en la proporcionalidad entre *Calor* y *Temperatura* no tomaban en cuenta la “cantidad”, aseguraban que si medio vaso de agua estaba más caliente que otro lleno (ambos inicialmente a temperatura ambiente), el primero tenía que haber recibido más calor.

4. Termómetro

El uso del termómetro significó un elemento importante que modificó la concepción de los infantes, aunque prácticamente todos los niños con quienes trabajamos conocían “de vista” el termómetro, lo asociaban en su mayoría con un instrumento para medir la temperatura corporal (medir la calentura). Aseguraban que marcaría cero si uno no estaba enfermo. Muchos niños mencionaron también que el termómetro marcaría cero o “nada” cuando lo mostramos en el medio ambiente.

La primera actividad fue leer la temperatura ambiente, la del cuerpo humano en varios niños, agua fría, agua hirviendo y varias lecturas durante el proceso de calentamiento y enfriamiento del agua tocándola en lo posible también con la mano; una vez que los niños realizaron estas mediciones no tuvieron dificultad en asegurar que el termómetro mide la temperatura y que ésta es “lo caliente”, “...es lo que marcan los números, la rayita que sube, lo caliente”.

5. Experiencia sensorial

El primer instrumento que como seres vivos utilizamos para comparar temperaturas es nuestro cuerpo, a muy temprana edad pasamos por la experiencia de tocar algo muy frío o muy caliente y aprendemos a clasificar los objetos de acuerdo a nuestras sensaciones en fríos y calientes, quizá, con alguna difusa graduación intermedia. De aquí se deriva, posiblemente, y se enriquece con el tiempo, la idea de que la temperatura relativa de los objetos es una propiedad intrínseca; algunos siempre son más fríos, como el metal; en cambio otros son tibios como la lana o, para algunos niños, la madera. Aunque nuestro sentido del tacto es un termómetro muy malo [8], hay que tener presente que es prácticamente el único instrumento con que cuentan los niños para construir sus modelos de los fenómenos térmicos.

La constancia de la temperatura corporal era desconocida para la inmensa mayoría; algunos niños aseguraban que mientras no haga mucho frío o calor la temperatura del cuerpo es igual a la temperatura ambiente, es decir que la temperatura

del cuerpo puede variar dentro de cierto rango (dentro del cual no sentimos ni frío ni calor). Hubo quienes, como mencionamos antes, asignaban tanto al cuerpo humano como al ambiente una temperatura igual a cero; sin embargo, lo importante en este caso no es tanto la escala sino la relación entre la temperatura ambiente y la corporal.

Surgieron también modelos que relacionaban la temperatura corporal con la obesidad; la temperatura de los obesos es mayor que la de los delgados: "por eso sudan más", "porque tienen más aceite", "porque tienen más grasa" o "tienen calorías".

Encontramos en niños urbanos (aunque no se excluye la posibilidad de que exista entre niños rurales) un modelo interesante que parece reflejar la idea de que la sensación de calor es un promedio entre la temperatura ambiente y la corporal, o podría también estar relacionada con algún modelo de conservación del calor de tipo piagetano: cuando hace calor la temperatura corporal baja y ésta última sube cuando hace frío [9]. Los niños explican que para que el cuerpo se mantenga a buena temperatura cuando hace calor debe compensarlo produciendo frío, y produciendo calor cuando hace frío.

6. Enfriamiento y calentamiento

Cuando preguntamos a los niños acerca de la rapidez con que se enfrían líquidos distintos, inicialmente a la misma temperatura; la mayoría saben que hay algunos que se enfrían más rápido que otros, por ejemplo, el agua más de prisa que el atole o la leche. Los niños describieron el enfriamiento, en todos los grupos con quienes trabajamos, utilizando algunas explicaciones en común: el enfriamiento se debe a que el líquido pierde calor (se le sale el calor); es debido a la ganancia de frío (se le mete el frío); y otros mencionaron que el líquido se enfría porque pierde vapor (se le sale el vapor).

En general, fue más común el uso del calor que el frío y encontramos que mientras que el calor es utilizado para explicar tanto el aumento como la disminución de temperatura, el frío sólo fue usado para explicar el enfriamiento. En cuanto al uso del "vapor", aun antes de que los niños realizaran experimentos donde observaron la evaporación del agua, siempre hubo algunos que identificaban el vapor con el agua y corregían a sus compañeros:

Maestro (Mo): "¿Por qué se enfría?"

Niño 1 (No1): "Porque se le sale el vapor".

Mo: "¿Qué es el vapor?"

No2: "Agua"

No1: "¡Se le sale el calor!"

A diferencia del enfriamiento, cuando calentamos cantidades iguales de dos líquidos (a la misma temperatura inicial), las opiniones de los niños se dividen, pero la mayoría no predicen que la temperatura final pueda ser distinta, aseguran que los líquidos se calentarán igual, reconociendo como variables la cantidad de líquido (volumen), el tiempo de calentamiento y el tamaño de la flama. En algunos

casos la llama de los mecheros era notoriamente distinta y los niños aseguraban que se calentaría más el líquido que reposaba sobre la llama mayor; en estos casos colocamos, a propósito, el líquido con mayor capacidad calorífica sobre ésta.

Después de haber confirmado la igualdad de las temperaturas iniciales de iguales cantidades de líquidos distintos, los pusimos a calentar durante el mismo tiempo en mecheros con flamas más o menos iguales y medimos sus temperaturas. El hecho de obtener temperaturas distintas no pareció significar ningún problema para los niños, a pesar de que su predicción resultó falsa. La explicación al incremento desigual de las temperaturas es inmediatamente asociado a alguna propiedad particular de cada líquido: "Se calentaron diferente porque no son de lo mismo", "... es que ésta (apuntando a cada líquido) es pura agua y éste tiene harina".

Aunque fue difícil que los niños dieran alguna definición o explicación acerca de la relación entre el calor y la temperatura, entendieron muy bien que existen materiales que requieren de mucho calor para elevar su temperatura, y otros que con poco calor la suben rápidamente. Durante una de las sesiones con niños rurales un niño explicó que el líquido que se había calentado menos había estado "guardando" el calor y lo sacaría cuando se enfriara [10]; el uso del término "guardar calor" como equivalente a capacidad calorífica resultó muy útil en sesiones posteriores con ese mismo grupo o con otros niños.

En general bastó una sesión para que los niños comprendieran que la temperatura no sólo depende del calor absorbido sino del líquido que se caliente. Por ejemplo, en otra sesión se repitió el mismo experimento:

Mo: "¿Cuál se va a calentar más, el atole o el agua?"

No1: "El agua".

Mo: "¿Y cuál menos?"

No2: "El atole".

Mo: "¿Por qué?"

No2: "Porque tiene harina".

No3: "Porque puede guardar más calor"

Con otro grupo en lugar de repetir el experimento con agua y atole, calentamos volúmenes iguales de aceite y leche:

Mo: "Vamos a ponerlos a calentar el mismo tiempo, ¿cuál se va a calentar más?"

No1: "El aceite".

Mo: "¿Cuál guarda más calor?"

No2: "La leche".

Mo: "¿Por qué?"

No3: "Porque tarda más en enfriarse y calentarse".

7. Conducción y calor específico

Realizamos cuatro experimentos sobre la conducción de calor: el primero consistió en poner al fuego una varilla de madera y una de acero, la predicción de los niños fue correcta y, en el caso de los niños rurales, forma parte de su experiencia cotidiana el uso, por ejemplo, de cucharas de madera. En el segundo experimento se calentó

a partir del centro, con un mechero, una varilla metálica a la que previamente se habían pegado tachuelas con cera de campeche; la predicción de los niños también fue correcta y no tuvieron ninguna dificultad en explicar que el calor se transmite (“camina”) a través de la varilla del centro hacia los extremos y que el calor no se transmite fácilmente en la madera.

Los objetivos del tercer y cuarto experimentos fueron la comparación de la disminución de temperaturas de agua caliente en dos vasos de materiales distintos (uno de unigel y otro de plástico); y la construcción de un termo (un vaso cubierto dentro de otro recipiente mayor también cubierto, de tal forma que quede un pequeño espacio de aire entre ambos).

Los niños explicaron que el agua se enfriaba menos en uno de los vasos debido al espesor (el de unigel era un poco más grueso), y lo relacionaron con la salida de calor a través de la superficie (conducción) cuando se dieron cuenta que la superficie exterior del vaso en que se había enfriado más el agua estaba más caliente:

No1: “Se enfrió antes la de plástico”.

No2: “Porque está más delgadito”.

Mo: “¿Cuál (vaso) está más caliente?”

No3: “Este (el de plástico)”.

Mo: “¿Cómo es que está más caliente esta agua (la contenida en el vaso de unigel) y dicen que está más caliente este vaso (el de plástico)?”

No1: “Estaban iguales pero se les va acabando el calor”.

No2: “Este (el vaso de unigel) no deja que se le salga el calor”.

No3: “Este (el de plástico) está más caliente, es que está más delgado, cala más (se siente más el calor), se le sale más el calor”.

En cuanto al termo, explicaron que el calor no se sale porque queda atrapado en el aire entre los recipientes que conforman el termo:

Mo: “¿Cuál se está enfriando más?”. (Se refiere a agua dentro del termo y agua en un recipiente de plástico).

No1: “Esta (la del recipiente de plástico)”.

Mo: “¿Para qué creen que sirvan los termos?”

No2: “Para que no se enfríe tan rápido el agua”.

No3: “Para que no se les salga el calor”.

Los niños comprendían que el termo “detiene” la salida de calor; quisimos saber si lo entendían en el otro sentido, es decir, si comprendían que también impide su entrada. Preguntamos: ¿dónde se derrite el hielo más rápidamente, adentro de un termo o afuera? Las opiniones siempre se dividieron, aproximadamente la mitad de los niños aseguraron que se derretía más rápido fuera del termo. Las explicaciones de quienes sostuvieron que el hielo se derretiría más rápido dentro del termo fueron varias: “adentro se calienta”, “porque no le pega el aire”, “porque adentro guarda calor”, “porque adentro hay más calor que afuera”. Quienes predijeron que se derretiría primero fuera del termo dieron fundamentalmente dos tipos de explicaciones: una utilizando el concepto de capacidad calorífica (el aire entre los recipientes guarda el calor) y como ejemplo mencionaron la función del pelo en los animales y un ejemplo que habíamos utilizado en otra sesión sobre el clima: “(el pelo de los animales sirve) para que no les pegue el sol” y “hace que guarden el calor, y después cuando se va a

la sombra: poco a poquito se le va saliendo”; “en el bosque hay animales, los árboles guardan calor y lo van soltando de poco a poquito y los animales no se entumen. Los árboles en el día guardan calor”. En la otra explicación utilizaron correctamente el concepto de conducción.

Aun después de haber realizado el experimento con hielo adentro y afuera del termo, los niños mantuvieron la confusión entre el papel de la conducción y de la capacidad calorífica, y en ningún caso fue posible que llegaran solos a un acuerdo, por lo que explicamos que el aire es muy mal conductor y que en las regiones donde hay plantas guarda calor debido a la humedad, lo que fue comprendido sin dificultad:

Mo: “Entonces, ¿por qué se enfrió más rápido el agua que estaba fuera del termo?”

No1: “Porque estaba tapado con los dos botes y se quedaba el calor entre los dos botes”.

No2: “(Señala el espacio de aire entre los recipientes). No lo deja salir (al calor), se queda en el espacio”.

Mo: “Y ¿por qué se derritió más rápido el hielo afuera del termo?”

No2: “Es igual, nada más que ahora no deja entrar al calor”.

8. Equilibrio termodinámico

Para indagar las ideas de los niños acerca del equilibrio termodinámico realizamos preguntas a través de las diferentes sesiones sin dedicar ninguna de manera específica a este tema, por lo que las descripciones que presentamos se refieren a sesiones distintas.

En algunas preguntas usamos como referente las observaciones que en ese momento estábamos realizando, por ejemplo, acerca de la temperatura final después de cierto tiempo de agua caliente respecto al medio ambiente, o de la mezcla de agua caliente y fría. En otros casos hicimos preguntas referidas a experimentos pensados, por ejemplo: “si tenemos una canica muy caliente y la metemos en agua fría, después de algún tiempo: ¿tendrán la misma temperatura?”.

En el caso más simple donde mezclamos agua caliente y agua fría, los niños no tienen ninguna dificultad para predecir el equilibrio térmico. En otro caso pusimos un vaso de agua caliente dentro de otro recipiente con agua fría (baño maría):

Mo: “¿Qué le va a pasar al agua? (señala el agua caliente)”.

No1: “Se va a enfriar”.

No2: “Porque el agua fría le va a pasar lo frío al agua caliente”.

No1: “Se va a salir el calor poco a poco”.

No3: “Se va a ir al agua fría”.

Mo: (Después de un rato) “¿Se seguirán enfriando y calentando?”

No4: “Sí, hasta que queden iguales”.

Mo: “¿Pero se irá a calentar más la de adentro (inicialmente fría) que la de afuera?”

No1: “No, iguales”.

Pusimos un trozo de hielo dentro del agua fría:

Mo: "¿Qué le pasó al agua?"

No1: "Se enfrió".

No2: "Porque le echaron hielo".

No3: "Porque el hielo está más frío..."

No4: "Se fue el calorcito del agua al hielo y derritió el hielo".

Mo: "¿Y después cuál va a quedar más frío?"

No5: "Pues iguales".

Pusimos un recipiente pequeño con atole (agua mezclada con harina) caliente dentro de un bote con agua fría:

Mo: "¿Qué pasó con el agua?"

No1: "Se calentó".

Mo: "¿Y qué le pasó al atole?"

No2: "Se enfrió".

Mo: "¿Si lo dejamos mucho rato, se calentará más el agua que el atole?"

No3: "No".

Mo: "¿Por qué?"

No4: "Porque ya no habría más calor del atole".

Calentamos atole y lo pusimos en baño maría dentro del agua fría en recipientes cubiertos; calentamos agua en otro recipiente y también lo pusimos en baño maría.

Al preguntar cuál agua se calentaría más, los niños contestaron que el agua que rodeaba al recipiente con agua (estaba a una temperatura mayor que el atole); pero al preguntarles por cuál contenía mayor cantidad de calor contestaron correctamente que el atole, la siguiente pregunta fue: ¿a donde se va ese calor?, contestaron que al agua del recipiente mayor; entonces volvimos a preguntar que cuál agua se calentaría más y contestaron correctamente que la del atole.

Un rato después los niños tocaron los diferentes líquidos y notaron que las temperaturas del "agua fría" que rodeaba al recipiente con "agua caliente" se habían igualado, mientras que el atole permanecía más caliente que el agua que lo rodeaba.

Mo: "¿Qué pasó con el atole, por qué no se ha enfriado?"

No: "Que todavía no acaba de sacar su calor".

Es notorio en estas descripciones los niños estaban utilizando el concepto de conservación del calor, es decir, no explican el enfriamiento como adquisición de frío o destrucción de calor sino como la transferencia de éste a otro cuerpo (es evidente la analogía con el calórico). Está implícito también lo que puede ser el principio de la concepción de procesos irreversibles [11].

Sin embargo, cuando preguntamos a los niños lo que ocurriría si introducimos un pedazo de metal caliente (o una canica) en agua fría, algunos aseguraban que el metal, o la canica, quedarían más fríos, y estos mismos niños aseguraban que el agua caliente se enfriaría hasta quedar a una temperatura menor que el medio ambiente. En un intento por caracterizar a quienes daban la respuesta anterior, notamos que no utilizaban el concepto de capacidad calorífica como el resto, y se trató de los niños con asistencia más irregular o menor participación. Podemos pensar en dos explicaciones: a) La comprensión del concepto de capacidad calorífica ayuda a comprender el equilibrio termodinámico, o b) Tanto la comprensión de

la capacidad calorífica como el equilibrio termodinámico están relacionados con la familiaridad que los niños tengan con los experimentos calorimétricos.

9. Consideraciones finales

La percepción de la temperatura a través del tacto induce a una clasificación de los objetos como si éstos tuvieran una temperatura propia y en éste sentido representa un gran obstáculo para la comprensión del equilibrio termodinámico; como mencionamos antes, esta concepción se encuentra firmemente arraigada incluso en estudiantes universitarios.

En segundo lugar llama la atención la poca familiaridad que tienen los niños con el termómetro y el desconocimiento de la constancia de la temperatura corporal; sobre todo porque encontramos que aún los niños más pequeños (seis o siete años) están en posibilidades de comprenderlo y dado que se encuentran en un proceso permanente de construcción de sus propias teorías, esta desinformación puede representar un cimiento falso para su desarrollo conceptual futuro.

Nos parece que la integración de actividades de rutina que involucran mediciones de temperaturas ambiente y corporal en las escuelas elementales no representa un gran problema; en nuestro trabajo lo probamos en una escuela primaria y no encontramos ninguna dificultad para que se le integrara como una actividad habitual, aprovechando además los datos para realizar otras tareas relacionadas con matemáticas e incluso español.

La evolución de las concepciones de los niños a través de las experiencias calorimétricas fue sorprendente, el desarrollo de nociones sobre calor, temperatura, conducción, capacidad calorífica y equilibrio termodinámico pareció llevarse a cabo casi naturalmente. Es, por supuesto, motivante darse cuenta del potencial de los niños, pero hemos notado que la evolución de las ideas de los niños se dirigió hacia la conservación del calor y hacia la consideración del calor como sustancia, es decir, en la dirección de la teoría del calórico.

De acuerdo con los modelos piagetanos el papel que juegan los esquemas de conservación son fundamentales, representan una noción central que reorganiza todo un dominio del campo de conocimientos y hace aparecer en ese dominio nuevas redes de conceptos [12]. Entonces, si los esquemas de conservación son la base de una reorganización conceptual alrededor suyo, se espera que sean altamente estables. A partir de lo anterior nuestra nueva pregunta es: ¿Podría representar el desarrollo temprano de una teoría como la anterior más una desventaja que una ventaja en el desarrollo futuro de las concepciones físicas de los niños?

Diversos autores han dado su opinión sobre el problema, algunos proponen la eliminación de la palabra calor como sujeto, para sustituirla por el verbo calentar para que explícitamente se refiera a un proceso [13]; otros proponen aclarar solamente que el calor no es algo que se acumule en un sistema, haciendo énfasis en la diferencia entre estado y proceso [14]; y otra corriente propone (aunque refiriéndose a niveles educativos superiores), aprovechar los esquemas alternativos de los estudiantes (la concepción del calor como calórico) para formar ideas correctas sobre los

conceptos de termodinámica, identificando lo que los estudiantes llaman calor con entropía [15].

Creemos que una aproximación alternativa para evitar un desarrollo indeseable de esquemas del tipo de la teoría del calórico es recurrir a la historia de la termodinámica y tomar en cuenta algunos de los experimentos o conceptos clave que dieron lugar al abandono de la concepción del calórico.

Aunque en muchos libros se reconoce a los experimentos de Rumford y Davy sobre el calentamiento de bolas de cañón o el derretimiento de hielo por fricción, como claves para la derrota del calórico, otros historiadores consideran más importante el interés por el estudio de la radiación y la aceptación del modelo ondulatorio de la luz [16].

Nos parece que tanto los experimentos de Rumford y Davy como el reconocimiento del calor como radiación son ambos excelentes ejemplos que ponen en evidencia el modelo del calórico. Sería pretensioso pedir que en la escuela elemental se discutieran los modelos sobre el calor, pero es posible realizar actividades que vayan más allá de los experimentos calorimétricos e integren algunos donde se llame la atención sobre el calentamiento por fricción o radiación con el objeto de otorgar al niño experiencias que más tarde pueda usar como referentes en la comprensión de la versión moderna de la termodinámica.

Referencias

1. Hemos tomado el término que usa Charles R. Ault en "Intelligently Wrong", *Science and Children* (May 1984) 22-24.
2. También haremos ocasionales referencias a algunos otros trabajos en proceso de redacción, o donde no hemos sistematizado la información del trabajo de campo pero contamos con algunos resultados preliminares.
3. Se pretende recoger toda la riqueza del "objeto de estudio" a través de registros de observaciones muy precisas que posteriormente son analizados.
4. Algunos elementos para abordar el problema de la relación entre las características culturales y los modelos activos de enseñanza de las ciencias pueden encontrarse en: Jara G., S., "Enseñanza de las Ciencias y Contexto Cultural", en *Práctica Docente, Ciencia y Cultura*, CIDEM (1989) 53-76.
5. A lo largo de cinco años de trabajo con niños rurales hemos notado que las niñas participan menos en actividades de física, en cambio, su participación aumenta notoriamente cuando se trata de contenidos de biología. Según Kelly, A. & Smail, B. en "Sex Stereotypes and Attitudes to Science among Eleven-Year-Old Children", *Br. J. Educ. Psychol.* No. 56 (1986) 156-168; esta diferenciación está correlacionada con el grado de "estereotipación" que los estudiantes hacen de los sexos.
6. Joan Solomon menciona que las explicaciones en términos de analogías, propósito o causalidad no son solamente usadas en el discurso científico legitimado sino que también les son familiares a los niños aún antes de que tengan contacto con la enseñanza formal de la ciencia. Solomon, J., "Children's Explanations", *Oxford Review of Education* 12 (1986) 41-51.
7. Al hecho de tener fiebre se le conoce como tener "temperatura".
8. Es de hacerse notar que muy pocos libros discuten la diferencia entre la sensación de frío y calor a través del tacto y las propiedades conductoras del objeto que se toca.

9. Es interesante que este modelo también lo hemos encontrado en estudiantes de preparatoria.
10. Desconocemos si el niño utilizó el término por primera vez o si lo había escuchado antes.
11. Este resultado, que los niños predigan el equilibrio termodinámico, coincide con lo reportado en Duit, R. y Kesidou, S., "Student's Understanding of Basic Ideas of the Second Law of Thermodynamics", *19th. Annual Conference of the Australian Science Education Research Association*, Sydney (julio 1988). El estudio, realizado con estudiantes de décimo grado (preparatoria) en Alemania, concluye que el 80% de los estudiantes de la muestra fueron de la opinión que las temperaturas se igualan, sin embargo en este caso aparecen "teorías alternativas": después de que las temperaturas se han igualado continúan modificándose de tal forma que surge otra diferencia de temperaturas. Creo que estas "teorías alternativas" son producto de la integración defectuosa de conocimientos aislados en física a lo largo del proceso educativo. Es decir, si la noción de la igualación de temperaturas puede aparecer a temprana edad aún en medios subdesarrollados, su deformación puede venir de un intento de revalorarla a la luz de los "nuevos conocimientos".
12. Pessoa de C., A. M., "A Formação dos Conceitos de Calor e Temperatura", Projeto de Pesquisa, Universidade de Sao Paulo, 1989.
13. Summers M., K., "Teaching heat — an analysis of misconceptions", *SSR* (Junio 1983) 670-676.
14. Mak, S. y Young, K., "Misconceptions in the teaching of heat", *HKASME*, documento fotocopiado sin fecha, pp. 78-87.
15. Fuchs, H.U., "Entropy in the Teaching of Introductory Thermodynamics", *Am. J. of Phys.* (Marzo 1987) 215-219.
16. Brush, S.G., *The Kind of Motion we Call Heat. A History of the Kinetic Theory of Gases in the 19th Century*, Elsevier Science Publishers (1986) 769pp.

Abstract. An experience with urban and rural children (average age ten) is presented. The aim of the work was to explore children's ideas and the influence experimental activities may have on them. We worked mostly calorimetric experiments and found that models on heat conservation and thermal equilibrium are developed at early ages, but strongly related to a model of the calorific theory kind.