

el organismo el que aporta energía” (2do de secundaria).

Otras interpretaciones alternativas frecuentes son aquellas que aluden a sensaciones de bienestar o incluso a épocas del año:

- “Depende, si hace frío, un vaso de café caliente, porque tomándolo subirá la temperatura del cuerpo y ya no tendrás tanto frío. Si hace calor, un helado porque te refrescará y no sentirás lo pesado del calor, así tendrás más energía para hacer más cosas” (2do de bachillerato).
- “Cualquiera de las dos cosas, lo que pasa es que el helado es para el verano, y el café más bien para el invierno, según lo tomes en esas fechas te aportará más energía” (2do de bachillerato).

Otro grupo de respuestas alternativas son las que atribuyen el mayor o menor aporte energético de un alimento a su contenido en vitaminas (mayoritariamente el helado), u otras que lo asocian al efecto estimulante de la cafeína.

- “Un helado, porque tiene muchas vitaminas y no te quita el sueño como el café” (2do de secundaria).
- “Una taza de café muy caliente. Porque el café tiene cafeína y te despierta” (2do de secundaria).
- “Un helado, porque el café contiene mucha cafeína y puede producirte nerviosismo, o te quita el sueño” (2do de secundaria).

V. Implicaciones para la enseñanza

Resultó obvio que, al menos hasta 1993 (fecha de la publicación), la estructuración curricular presentaba los mismos conceptos de forma que a los alumnos les parecían diferentes y no se producía la conexión mental del concepto energía. Es muy posible, sin embargo, que al menos desde la perspectiva de la Reforma de la Escuela Secundaria que se ha iniciado en México, la unificación curricular de física, química y biología se vea favorecida y sea fructífera sobre la enseñanza-aprendizaje de este importante aspecto.

Por otro lado, los resultados ratifican lo que se ha observado en muchos otros estudios: la energía química es difícil de entender y por tanto sería conveniente dedicarle mayor esfuerzo a su enseñanza.

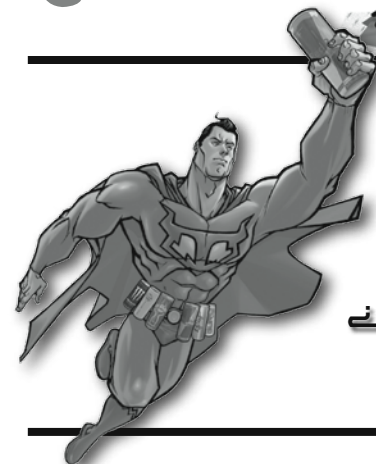
VI. Actividades

1. Llevar a cabo las pruebas sugeridas por los investigadores, pero hacerlo inmediatamente antes y después de la lectura del artículo, incluyendo además del café y el helado, una latita de *Red Bull* a temperatura ambiente.
2. Revisar, junto con los alumnos, los resultados de las pruebas y promover un debate en el que se plantee el origen de la palabra “energizante” para las bebidas con cafeína. (Nota: si se hace una investigación en Internet se encontrarán muchas indicaciones contrarias, o al menos incongruentes, sobre los efectos del café en el organismo). Se sugiere que los alumnos recurran a fuentes confiables, como libros o artículos reconocidos. En *¿Cómo ves?* No. 69 salió un interesante artículo sobre el café, “Los secretos del café”, de Gertrudis Uruchurtu, y también puede consultarse la guía del maestro de ese mes.
3. Convocar a una reunión interdisciplinaria entre profesores de física, química y biología y promover una sesión en la que compartan los resultados de su trabajo en clase sobre la energía química (derivado del interés que tienen los alumnos sobre cualquier asunto relacionado con drogas estimulantes).

VII. Bibliografía

Gallástegui Otero, J.R. y Lorenzo Barral, F.M., “El café tiene cafeína y nos despierta, nos da energía: concepciones sobre la energía química, una buena razón para poner de acuerdo a los profesores de física y química y ciencias naturales”, *Enseñanza de las ciencias*, México, 1993.

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



en busca de la energía perdida, ¿qué te tomas?

De: Agustín López Munguía
(No. 98, p. 10)

I. Relación con los temarios del bachillerato UNAM

Esta guía y el artículo de referencia pueden utilizarla maestros de química, física y biología principalmente, ya que se aborda el concepto de energía, uno de los que mejor se pueden clasificar como transversal dentro del currículo. También pueden involucrarse disciplinas como bioquímica, educación ambiental (ciencia para el consumidor), ciencias de la salud, etcétera.

El trabajo de investigación de los autores Gallástegui y Barral (publicado en la revista *Enseñanza de las ciencias*, en 1993) que se comenta en esta ocasión, está sumamente vinculado con el artículo de referencia en cuanto a las dificultades que suelen mostrar los alumnos con el concepto de energía y los aspectos relacionados con éste, como la conservación de la energía o su degradación. Una vez más, y dada la completa exposición que nos hace López Munguía sobre el tema, resulta atractivo combinar las aportaciones de la investigación educativa sobre los conceptos alternativos (o ideas previas) asociados a los temas presentes en la lectura.

II. Concepciones sobre la energía química

Las dificultades de los estudiantes para reconocer la energía dependen, en gran medida, de la

forma de energía de que se trate. Las energías de tipo mecánico, como la cinética o la potencial gravitatoria, son reconocidas con mayor facilidad: está claro que una piedra elevada a cierta altura sobre el suelo o un tren que corre a 120 km/h tienen “algo” que es fácil de entender, aunque después pueda haber problemas en generalizar ese “algo” como energía.

En cambio, la energía que suele llamarse de tipo químico, es decir, aquella asociada a la estructura química de las sustancias, no se entiende ni intuye con la misma facilidad. Y ello a pesar de la enorme importancia que tiene en la vida diaria y de la frecuencia con que aparece en el currículo: la energía química almacenada en los combustibles (combustión como proceso químico, disponibilidad de recursos, educación para el medio ambiente) o en los alimentos (alimentación y nutrición: educación para la salud), cuantificada en las etiquetas de los productos alimenticios (educación para el consumo). A los alumnos les resulta difícil entender cómo algunas sustancias pueden contener energía en virtud de su estructura molecular.

En biología una de las mayores dificultades detectadas en el aprendizaje de la fotosíntesis es que los estudiantes entienden dicho proceso como un mero intercambio de gases y no reconocen la parte más importante: la producción, por

parte de las plantas que la realizan, de materia orgánica con alto contenido energético: glúcidos o carbohidratos.

Si la energía de tipo químico aparece en los programas de física y química, por un lado, y en los de biología, por el otro, y los alumnos tienen dificultades en la comprensión y utilización de este concepto, encontramos un reto muy atractivo en cuanto a ponernos de acuerdo y lograr que se facilite el aprendizaje del mismo desde todos los flancos. El artículo de referencia plantea una base muy amena para iniciar el debate.

Los autores del artículo sobre didáctica de las ciencias, diseñaron y llevaron a cabo una investigación sobre concepciones de los alumnos acerca de la energía química, partiendo para ello de dos hipótesis:

- Los alumnos tienen dificultades para entender la energía química e ideas alternativas sobre ella.
- Después de recibir la instrucción, los alumnos ponen menos énfasis en la energía de tipo químico que en otros tipos de energía.

III. El método de investigación

Para realizar un diagnóstico de la situación de las ideas de los alumnos sobre la energía química se realizaron dos tipos de pruebas: un examen de asociación libre de palabras utilizando como estímulo la palabra "energía", y un examen rápido de papel y lápiz con una pregunta sobre el aporte energético del café y del helado, con una parte cerrada y otra abierta. En la prueba de asociación libre de palabras se pidió a los estudiantes que escribieran palabras relacionadas con dicho término durante dos minutos. La segunda parte de la investigación, el examen de lápiz y papel, se presentó a una muestra de estudiantes del equivalente de segundo de secundaria, segundo de bachillerato y estudiantes de Normal Superior.

En la valoración del aporte energético del café o del helado, es necesario especificar una serie de variables que no se dan en el enunciado de la pregunta mencionada: la cantidad que se

consume, si el café lleva o no azúcar o leche, de qué tipo es el helado... Pero la intención de esa pregunta no era obtener una respuesta numéricamente precisa, sino conocer hasta qué punto nuestros alumnos hacían uso de la energía de tipo químico en sus explicaciones ante un problema donde también intervenía la energía térmica. Como datos orientadores, un helado aporta unos 8.5 kJ por gramo, lo cual supone unos 425 kJ por ración de 50 g. En cuanto al café, su aporte energético como alimento depende de sus posibles "añadidos", principalmente del azúcar. Así, un café con una cucharada de 10 g de azúcar aportaría unos 156 kJ. En cuanto a la energía asociada al estar "caliente", un vaso de café (100 mL) caliente (67°C) y a la temperatura de nuestro organismo (37°C), supone unos 12 kJ.

ALUMNO _____
CENTRO _____

¿Qué crees que aporta más energía a tu organismo: un vaso de café muy caliente o un helado?
Explícalo.

IV. Resultados y análisis

Asociación de palabras

En esta prueba, los 92 alumnos escribieron un total de 627 palabras asociadas a la energía, lo cual supone una media de 6.8 palabras por alumno. La palabra más frecuentemente citada fue "fuerza", con 71 menciones, seguida de "calor", con 64 y "luz", con 51 menciones. En el grupo de palabras clasificables de acuerdo con núcleos temáticos de ciencias se establecieron seis categorías: mecánica, luz, termodinámica, electricidad, química y nuclear. En el grupo restante se establecieron otras cinco categorías: vitalidad, vida, materia, técnica y "sin clasificar". De la observación de los resultados, destaca el elevado número de referencias a la mecánica

(palabras como fuerza, trabajo, movimiento), que representaron casi la tercera parte del total, siendo también muy importantes las asociaciones con la termodinámica (calor, temperatura...) y con la luz y el Sol; estas últimas sobre todo en los alumnos del equivalente a la escuela Normal Superior, en su especialidad de preescolar.

Cabe resaltar el escasísimo número de referencias a la energía química, con menciones al carbón (0.3%), al petróleo (0.3%), o a la alimentación (1.4%), pero ninguna a combustibles tan cotidianos como el gas butano o la gasolina, o a sustancias como la glucosa, el azúcar o las grasas. Esto lleva a pensar en la escasa importancia que se le concede al aspecto energético de los combustibles y alimentos en el currículo escolar. Resulta también llamativo el número de palabras asociadas a "vitalidad", con términos como la misma palabra vitalidad o salud, vigor... que corresponden a significados aceptados para el término *energía* en los diccionarios, pero que suponen una concepción distinta del concepto científico de energía.

Examen de papel y lápiz

Las respuestas de los estudiantes fueron divididas en tres grupos: café, helado e igual o depende, incluyendo en este último grupo las respuestas de alumnos que señalaban en la explicación la necesidad de conocer o especificar la composi-

ción de los sistemas "café caliente" y "helado" para poder optar por alguno de ellos.

Entre las explicaciones que se consideraron aceptables o "no alternativas", se citan varios ejemplos textuales de los alumnos:

- "Yo creo que el que aporta más energía es el helado, debido a las sustancias de que está formado, es decir, debido a su composición, azúcar, glucosa, colorantes, etc. Esas sustancias tienen muchas Kcal" (2do de bachillerato).
- "Un vaso de café muy caliente porque tiene azúcar y el helado tiene agua" (2do de secundaria).
- "Creo que un vaso de café muy caliente aporta calorías pero un helado también las aporta y según el helado que sea puede aportar más o menos" (2do de secundaria).
- "El helado aporta al organismo más calorías, por lo tanto más energía" (Nivel licenciatura, Normal Superior).

Dentro de las respuestas clasificadas como alternativas son frecuentes las que razonan únicamente en términos de calor aportado. Son elevados los porcentajes de alumnos que piensan que el café proporciona más energía al organismo que el helado por estar caliente, es decir, "ven" la energía térmica como "verían" con claridad la energía potencial gravitatoria o la cinética, pero no "ven" la energía química del helado. La experiencia de los autores con los alumnos de licenciatura es que quedan verdaderamente sorprendidos cuando realizan experiencias en que se mide la energía que desprende 1 g de alcohol (etanol) al quemarse (algunos incluso proponen la utilización del alcohol como combustible en cocinas, calefacciones, etc.), ya que les cuesta imaginarse que una cantidad tan pequeña de combustible llegue a desprender tanta energía.

Algunos ejemplos de estas explicaciones son:

- "Un vaso de café caliente. Porque el calor aporta más energía al cuerpo que el frío" (2do de secundaria).
- "Un vaso de café muy caliente. Porque hay una transmisión de energía del vaso de café hacia el organismo. En el caso del helado es

