

KIRSTEN BIEDERMANN · EMMANUEL THIBAUT

# BEBE Y PIENSA



☞ bebidas energéticas, bebidas isotónicas, cafeína, azúcar, esfuerzo

📖 química, biología, física, matemáticas

👥 parte 3.1: 14–18 años y parte 3.2: 8–18 años

El estudio de los ingredientes de las bebidas energéticas y sus riesgos para la salud es adecuado para alumnos de 8 a 18 años.

## 1 | SUMARIO

En el mercado hay muchas bebidas energéticas, revitalizantes o estimulantes que contienen ingredientes reconocibles que pueden mejorar el rendimiento del consumidor pero presentan riesgos para la salud. Aquí sugerimos cómo enseñar a los alumnos qué son estas bebidas y los métodos para averiguar sus ingredientes y sus efectos en la actividad cerebral y muscular.

## 2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

Esta unidad didáctica trata sobre bebidas asociadas al fútbol y el deporte. Actualmente se lanzan cada vez más bebidas al mercado para mejorar el rendimiento físico y mental de los consumidores.

Estas son las principales preguntas de este proyecto:

- ¿De qué están hechas estas bebidas? ¿Cómo podemos analizar su contenido?
- ¿Cuáles son sus efectos en la actividad física y mental? ¿Cómo podemos medir dichos efectos?

Este proyecto se centra en tres tipos de bebidas diferentes:

- Bebidas energéticas: aumentan la frecuencia cardíaca y la presión arterial
- Bebidas isotónicas: proporcionan azúcares y minerales para mejorar la actividad muscular y cerebral
- Bebidas tonificantes: solo agua

## 3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

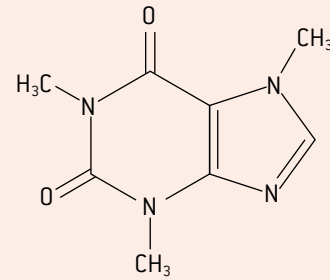
### 3 | 1 | Bebidas energéticas

Las bebidas energéticas están diseñadas para proporcionar una inyección de energía mediante una mezcla de ingredientes estimulantes. Entre los ingredientes está la cafeína, un alcaloide que actúa como estimulante y psicotrópico. También pueden llevar taurina, un aminoácido cuyos efectos en el organismo se desconocen hasta la fecha.

### Biología

Primero, los alumnos de cualquier edad pueden hablar de las bebidas energéticas e investigar su contenido en cafeína leyendo las etiquetas de algunos productos comerciales (pueden hacer fotos en las tiendas, no hace falta que compren las bebidas). Pueden estudiar el contenido en cafeína y comparar sus resultados con el contenido en cafeína de un café expreso y debatir sobre los problemas para la salud.

FIG. 1 Cafeína



### Conclusión

La cafeína, cuyos efectos en el organismo son bien conocidos, es el ingrediente que, con mucho, tiene el mayor efecto, ya sea bueno o malo, en las bebidas de este tipo.

Una lata de una bebida energética (250 ml) contiene unos 80 mg de cafeína, aproximadamente lo mismo que una taza de café solo concentrado. Esta cantidad es muy próxima a la dosis en la que se pueden esperar efectos secundarios (100 a 160 mg) y también al límite superior del consumo diario permisible (en adultos 200 mg/día). El riesgo para un deportista no está en dar positivo en un control antidopaje, sino en absorber una dosis tóxica.

### Química para jóvenes de 14 a 18 años

El análisis de productos comerciales en las clases de laboratorio de química es un método consolidado para fomentar el interés, compromiso y comprensión de los alumnos. Se pueden hacer muchos análisis a distintos niveles y usando distintos métodos y materiales.

### 3 | 1 | Extracción e identificación de la cafeína

Se puede hacer un análisis cualitativo usando la cromatografía en capa fina para verificar que la bebida energética contiene cafeína. Primero los alumnos tendrán que extraer la cafeína usando un disolvente inocuo como acetato de etilo después de un tratamiento básico para solubilizar los ácidos y, en su caso, el tanino.

### Método de extracción:

- Coger 50 ml de la bebida y agitar con una varilla de cristal para eliminar el gas si es necesario.

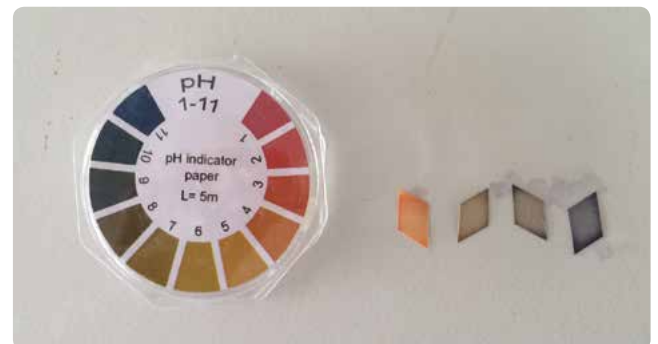


FIG. 2 Comprobando la alcalinización con papel pH



FIG. 3 Extracción del solvente de la cafeína



FIG. 4 Secado de la fase orgánica con un desecante



FIG. 5 Cromatografía de la fase orgánica

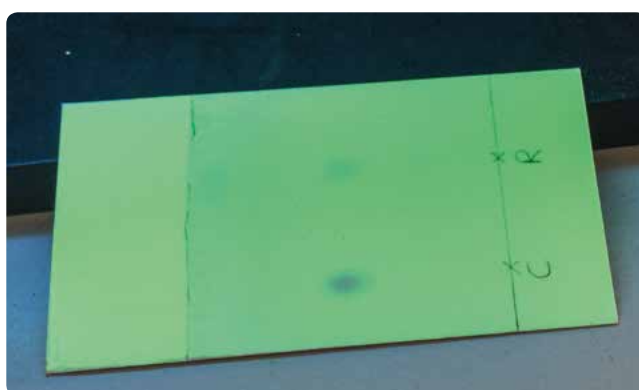


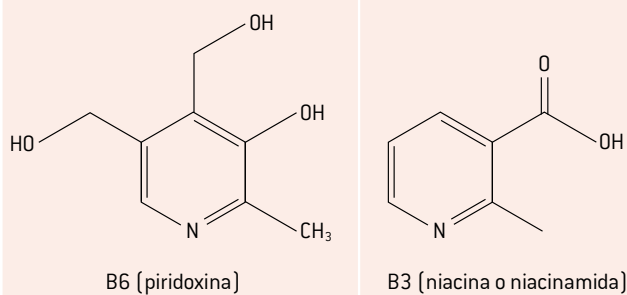
FIG. 6 Visualización de las sustancias químicas con luz ultravioleta

- Añadir una solución 1 molar de sosa [carbonato de sodio] mientras se agita el recipiente para obtener un pH cercano a 9.
- Extraer usando 15 ml de solvente y un embudo de decantación.
- Recoger la fase que contiene la cafeína en un vaso.
- Repetir la extracción con 15 ml de solvente.
- Recoger las fases orgánicas y secarlas usando sulfato de magnesio anhidro.

Los resultados de la cromatografía deben registrarse al final de esta fase, antes de que se evapore el disolvente.

- Eluyente (fase móvil) de cafeína: una mezcla de ácido fórmico y acetato de butilo (30 ml/50 ml)
- Fase estacionaria: una capa fina de sílice
- Visualización: UV
- Cafeína como referencia disuelta en etanol o el eluyente.

**FIG. 7 B6 (piridoxina) y B3 (niacina o niacinamida)**



Mediante la cromatografía, los alumnos pueden identificar la cafeína y otro compuesto que produce un punto separado (que indica que este 2º compuesto no puede ignorarse en la fase orgánica tras la extracción. Después de leer la composición de las bebidas, los alumnos podrían deducir que este segundo compuesto puede ser una vitamina con muchos enlaces dobles, como la B3 o B6.

Un paso más allá:

- Los alumnos podrían preparar otra cromatografía con las vitaminas B6 y B3 como referencia.
- Se puede evaporar el solvente para obtener un polvo compuesto de cafeína.



FIG. 8 Evaporación del solvente con un evaporador rotativo [izquierda] Polvo al lado del recipiente tras la evaporación del solvente

### 3 | 1 | 2 Dosificación de cafeína

Primero se puede hacer un análisis usando la ley de Beer-Lambert.

- Los alumnos pueden determinar el espectro de una solución acuosa de cafeína y de las bebidas energéticas para hallar el máximo nivel de absorción. Pueden preparar una solución que contenga la concentración de cafeína aproximada que declara el fabricante. Debido a la saturación de absorbancia, tendrán que diluir la solución. Deberían decidir trabajar a 271 nm, porque a esa longitud de onda hay un pico de absorción.
- Entonces pueden producir una curva de calibración con varias soluciones acuosas de cafeína y probarla en una bebida energética disuelta 20 veces.
- Con este método pueden deducir que la bebida energética contiene un 17 % más de cafeína (373 mg/l) de lo que indica (320 mg/l) el fabricante. No es que el fabricante mintiera en las cifras, ya que tiene procedimientos de control de calidad internos y externos. Sin embargo, el segundo compuesto encontrado en la cromatografía (vitamina B6 y/o B3), que también absorbe en la región UV, tiene un efecto en la curva de calibración.

FIG. 9 Espectro de absorción de la cafeína

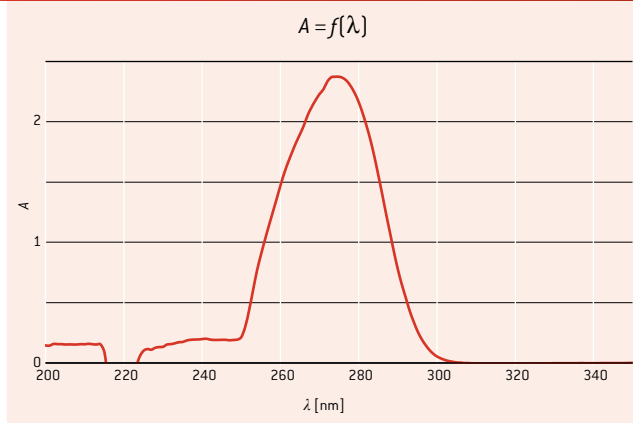
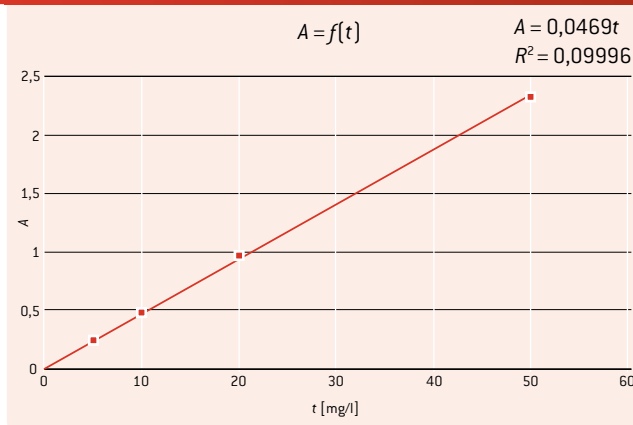


FIG. 10 Curva de calibración de absorción relativa a la concentración de cafeína



Para obtener una curva de calibración mejor:

- Los alumnos pueden producir un espectro de absorción de la vitamina B6 y/o B3 para determinar si absorben mucho a

la longitud de onda elegida anteriormente. Dependiendo del resultado, pueden decidir si eligen otra longitud de onda. Ahora que ya tienen los espectros de B6 y B3, pueden elegir una longitud de onda a la que la absorción sea baja (por ejemplo, entre 240 y 250 nm).

FIG. 11 Espectro de absorción de la vitamina B6

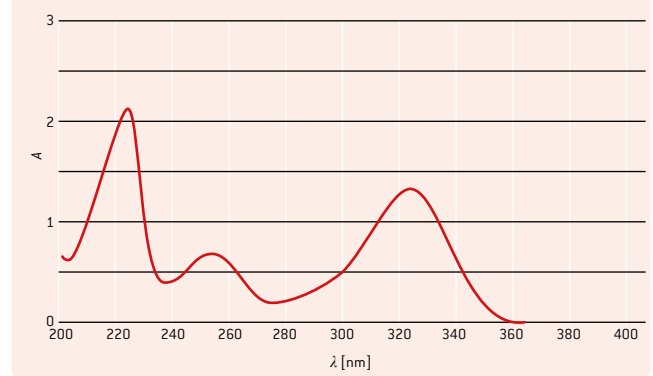
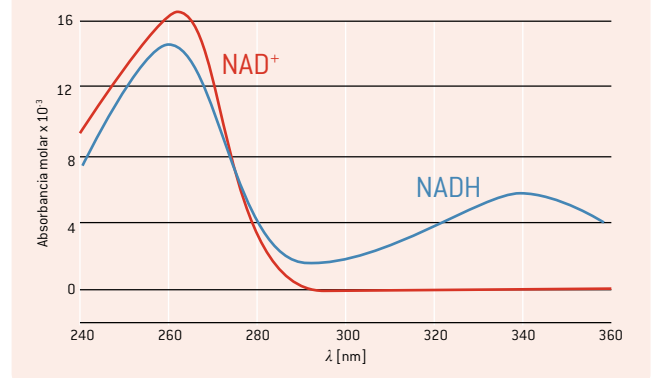


FIG. 12 Espectro de absorción de la vitamina B3 [1]



- Podría ser muy interesante que los alumnos buscaran otro método de análisis, como HPLC, en un laboratorio, con lo que podrían obtener mejores resultados.

### 3 | 2 Cómo se mide el efecto de las bebidas isotónicas y el agua en el cerebro

Nuestro organismo necesita agua, azúcar y sales minerales para funcionar bien. Se puede ver una demostración impresionante de esto en el vídeo de Gabriela Andersen-Schiess en la maratón olímpica de 1984, cuando no bebió en el último puesto de avituallamiento. Hay varios vídeos sobre este tema en Internet.

Vamos a desarrollar métodos, diseñar un estudio y pensar en la objetividad, validez y fiabilidad al medir el efecto de las bebidas isotónicas y el agua en la eficacia del cerebro.

#### Biología:

Los alumnos de todas las edades pondrán en común sus conocimientos. Los mayores de 13 años pueden investigar otras funciones del cerebro (sensores, actores, actividades modales e intermodales, etc.) y la influencia del agua y las bebidas isotónicas.

FIG. 13 Ejemplo de tabla para test de sustitución de dígitos por símbolos

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<	∩	Δ	X	+	⊥	∧	○	=
2	1	5	4	7	6	9	3	8
∩	<							
6	3	1	2	6	7	3	9	2

Luego pueden presentar sus resultados en pósters antes de empezar a pensar sobre cómo medir el efecto antes mencionado.

Pueden elegir los métodos siguientes:

**[A] Test de símbolos y dígitos (que se hace en muchos test de CI); recomendado para mayores de 13 años**

Este test, que también se denomina test de sustitución de dígitos por símbolos (DSST), ayuda a evaluar si el sujeto tiene una actividad intermodal normal.

En un papel hay una lista de números, p. ej., del 1 al 9. Cada número está asociado a un símbolo (p. ej., - / & / 0). Debajo de la lista hay una tabla con una serie de números repetidos al azar. El sujeto debe poner el símbolo asociado debajo de cada número lo más deprisa posible.

Un alumno del grupo puede tener, p. ej., 90 segundos para completar la hoja. A la mitad, es decir, 45 segundos, hace una pausa. Después podrá comprobar si el alumno va más deprisa asociando números con símbolos. Este tipo de actividad cerebral se denomina aprendizaje.

Cinco minutos después, se puede pedir al alumno que escriba los símbolos correctos asociados a los números para ver cuántos recuerda. Este es otro tipo de actividad cerebral denominada memoria a largo plazo.

**[B] Prueba de la regla: recomendada para todas las edades**

El supervisor de la prueba deja caer una regla entre el dedo pulgar y el índice del sujeto, quien intenta cogerla lo más rápidamente posible. Los alumnos pueden debatir cuál es la mejor posición de inicio de la regla. Pueden averiguar fácilmente cuánto debe caer la regla antes de que el sujeto pueda atraparla.

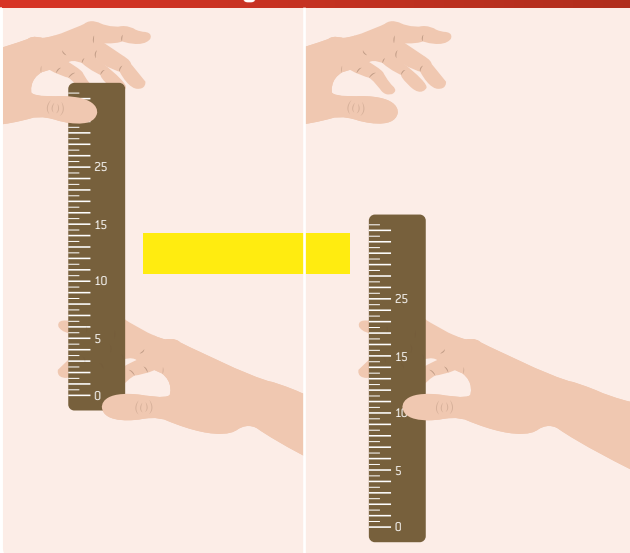
Además, tienen que encontrar el mejor diseño para el estudio, incluyendo el tiempo que necesita un alumno que no haya consumido bebidas. Naturalmente se trata de un diseño de control experimental, lo que significa que comparan simultáneamente dos grupos aleatorios (un grupo de control y otro experimental). Esta configuración permite comparar la actividad cerebral de dos grupos sin otras influencias ni factores de confusión aparte del factor de la bebida. En otras pruebas, los alumnos pueden medir y comparar los efectos de distintos tipos de bebida.

**Matemáticas:**

**[Para la prueba A]** Los alumnos (de más de 13 años) recopilarán y analizarán datos y presentarán sus hallazgos.

**[Para la prueba B]** Los alumnos deberán hacer algunos cálculos (mentales) para averiguar cuántos centímetros ha caído la regla si no sitúan la posición de inicio del pulgar del sujeto en 0 cm. Los alumnos más pequeños podrían comparar resultados individuales, mientras que los mayores pueden hacer cálculos que tengan en cuenta la incertidumbre de medir y averiguar el promedio de varias mediciones.

FIG. 14 Prueba de la regla



**Física:**

**[Para la prueba B]** Los alumnos de más de 13 años podrían calcular el tiempo de caída de la regla usando la altura  $h$  que hayan medido.

$$E_{c(1)} + E_{p(1)} = E_{c(2)} + E_{p(2)}$$

$$E_{c(1)} + 0 = 0 + E_{p(2)}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \quad | : m$$

$$\frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h$$

con  $v = g \cdot t$  porque  $v = a \cdot t$  y  $a = g$

$$\frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot t^2 = g \cdot h \quad | \frac{2}{g^2}$$

$$t^2 = 2 \cdot \frac{h}{g} \quad | \sqrt{\quad}$$

$$t = \sqrt{2 \cdot \frac{h}{g}}$$

$a$ : aceleración [ $\frac{m}{s^2}$ ]

$h$ : altura [m]

$g$ : aceleración gravitacional,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

$t$ : tiempo [s]

$v$ : velocidad [ $\frac{m}{s}$ ]

Puede comparar bebidas que se encuentran en distintos países y las actitudes hacia su consumo. También pueden comentar el diseño de los estudios, recopilar más ideas y hacer los ejercicios en dos o más centros colaboradores para obtener más datos para el análisis de los efectos.

Por último, pueden compartir los resultados encontrados en colaboración con otros centros educativos. Encontrará información adicional en nuestra web.<sup>[2]</sup>

**REFERENCIAS**

<sup>[1]</sup> Fuente: Cronholm144 [trabajo propio] [de dominio público], a través de Wikimedia Commons [https://en.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide\\_adenine\\_dinucleotide#/media/File:NADNADH.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_adenine_dinucleotide#/media/File:NADNADH.svg) (08/03/2016)

<sup>[2]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)

**4 | CONCLUSIÓN**

Este proyecto puede adaptarse y utilizarse para enseñar a alumnos de entre 8 y 18 años cómo medir la actividad cerebral y cómo optimizar un método para minimizar la necesidad de evaluación mediante cálculos, recuentos, etc. Los alumnos aprenderán sobre el diseño de control experimental y pueden aportar aspectos científicos que hayan aprendido en biología, matemáticas o física.

**5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN**

Le recomendamos que se plantee este proyecto como un proyecto entre centros educativos e internacional. Si su centro no tiene el equipamiento técnico necesario para la sección de química, podría ponerse en contacto con centros cercanos para realizar los experimentos en colaboración. Los alumnos tendrán que explicar sus investigaciones y protocolos a otros alumnos; para ellos esto tiene más sentido que limitarse a escribir sus resultados en un cuaderno de ejercicios. Este tipo de cooperación e intercambio les motiva y genera más información, además de añadir una opción bilingüe a la enseñanza y el aprendizaje de asignaturas de ciencias.



# IMPRINT

## TAKEN FROM

iStage 3 - Football in Science Teaching  
available in Czech, English, French, German,  
Hungarian, Polish, Spanish, Swedish  
[www.science-on-stage.eu/istage3](http://www.science-on-stage.eu/istage3)

## PUBLISHED BY

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststraße 4/5  
10178 Berlin · Germany

## REVISION AND TRANSLATION

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH  
[www.transformcologne.de](http://www.transformcologne.de)

## CREDITS

The authors have checked all aspects of copyright for the images and texts used in this publication to the best of their knowledge.

## DESIGN

WEBERSUPIRAN.berlin

## ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH  
[www.tricom-agentur.de](http://www.tricom-agentur.de)

## PLEASE ORDER FROM

[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

Creative-Commons-License: Attribution Non-Commercial  
Share Alike



First edition published in 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



## SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... is a network of and for science, technology, engineering and mathematics (STEM) teachers of all school levels.
- ... provides a European platform for the exchange of teaching ideas.
- ... highlights the importance of science and technology in schools and among the public.

The main supporter of Science on Stage is the Federation of German Employers' Associations in the Metal and Electrical Engineering Industries (GESAMTMETALL) with its initiative think ING.

Join in - find your country on

[WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU](http://WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU)

 [www.facebook.com/scienceonstageeurope](http://www.facebook.com/scienceonstageeurope)

 [www.twitter.com/ScienceOnStage](http://www.twitter.com/ScienceOnStage)

Subscribe for our newsletter:

 [www.science-on-stage.eu/newsletter](http://www.science-on-stage.eu/newsletter)



MAIN SUPPORTER OF  
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think  
ING.  
Die Initiative für  
Ingenieur Nachwuchs

Proudly supported by

