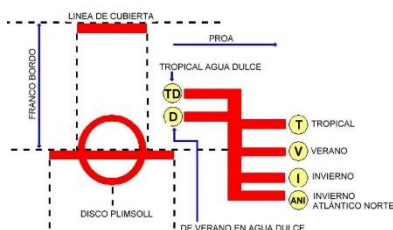
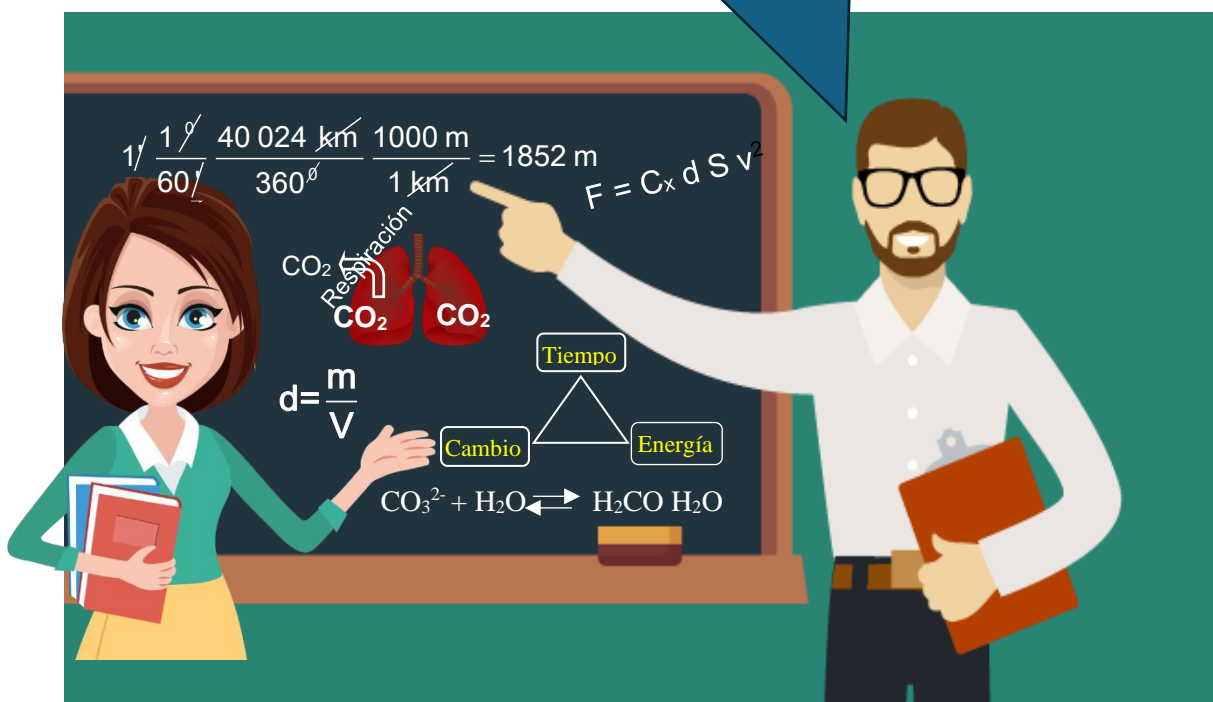
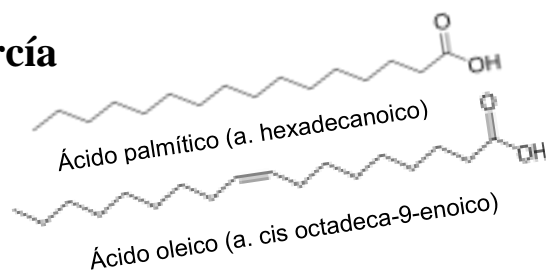


# Historias para contar en clase (I)



Luis Ignacio García

$$d = \frac{m}{v}$$



# Historias para contar en clase (I)



Luis Ignacio García



## **NOTA A LOS LECTORES**

Estos materiales pueden descargarse sin coste alguno desde <http://www.fisiquiweb.es> y han sido diseñados con el único propósito de servir como complemento y ayuda para el profesorado.

No obstante, pediríamos a quienes los lean, y queden satisfechos con la lectura, los divulguen entre sus compañeros, a través de las RR. SS. o cualquier otro procedimiento que juzguen adecuado.

El autor también quedaría muy agradecido con todos aquellos que le hagan llegar sus impresiones a través de las varias posibilidades de contacto que se facilitan.

**Contacto:**

Email: [garlan2@telecable.es](mailto:garlan2@telecable.es)

Página web: [www.fisquiweb.es](http://www.fisquiweb.es)

Facebook: Luis Ignacio García

X (Twitter): @garlan2

Instagram: @gonzalezluisignaciogarcia

BluSky: [@garlan2.bsky.social](https://bsky.app/profile/garlan2.bsky.social)

Algunos de los contenidos han sido adaptados de los guiones del programa *Ondas con Ciencia* emitido por Onda Peñes durante 2023 y 2024 que pueden ser escuchados en:

[FisQuiWeb. Ondas con Ciencia](#)

Materiales bajo licencia *Creative Commons*.



Pueden ser distribuidos, copiados, exhibidos y/o modificados siempre que:

- Se cite su autoría (Luis Ignacio García)
- No se les dé un uso comercial
- Se distribuyan bajo la misma licencia

Publicado el 13 de enero de 2025

# Índice

Introducción.....	6
1. El movimiento no se demuestra andando.....	7
2. Eratóstenes.....	9
3. El equilibrio que regula tu pH (y tu vida).....	13
4. Campaneros.....	16
5. Transitando entre dos mundos.....	19
6. Wolframio, un tipo duro muy querido.....	22
7. Usain Bolt.....	25
8. Plimsoll, el círculo que salvó vidas.....	29
9. Si quieres limpiar... ¡usa ceniza!.....	32
10. El sonido, una velocidad muy variable.....	35
11. J. Kittinger, F. Baumgartner.....	40
12. Un agujero en el tejado.....	44
13. Mi papá es Albert Einstein.....	49
14. Círculos y óvalos.....	52
15. Chocolate: azúcar versus flavanoles.....	55
16. Física para ganar un Tour.....	59
17. Huevos fritos, huevos duros.....	63
18. Energía, un fantasma que crea el mundo.....	67
19. El agua, una rareza que da vida.....	72
20. Plomo: blando, pero peligroso.....	77
21. De colores.....	81
22. Alquimistas versus atomistas.....	85
23. Cerveza: una rubia muy compleja.....	90
24. ¿Gravedad artificial?.....	94
25. Cobre, el papá del bronce.....	98



En el texto, **pulsa** si quieres volver a este índice

# Índice temático

## A

Aceleración, 37  
Aceleración normal, 115  
Aerodinámica, 77  
Agua, 91  
Albayaide, 97  
Alimentación, 73  
Alquimia, 105  
Astronomía, 69  
Atomismo, 105

## B

Bronce, 119

## Ch

Chocolate, 73

## C

Cinemática, 37  
Cobre, 119  
Colores, 101  
Colores estructurales, 101  
Cuatro Elementos, 105

## D

Densidad, 91  
Detergentes, 45  
Dinámica, 55  
Disoluciones reguladoras, 21

## E

Energía, 85

Enlaces de hidrógeno, 91  
Equilibrios, 21  
Experimentos, 17

## F

Fermentación, 111  
Flavanoles, 73  
Fósforo, 105  
Fuerzas conservativas, 85  
Fuerzas disipativas, 85

## G

Gasolinas con plomo, 97  
Gráficas, 37  
Grasas, 45  
Gravedad, 115

## H

Hidrólisis, 45  
Hidrostática, 25, 41  
Hijos de Einstein, 65  
Huevos, 81

## K

Kepler, 69

## L

Latón, 119  
Lúpulo, 111

## M

Malta, 111  
Medidas, 17

Método científico, 29  
Mileva Maric, 65

## **N**

Número de Match, 49

## **O**

Ondas sísmicas, 49  
Ozono, 59

## **P**

Peter Higgs, 29  
pH, 21  
Piedra Filosofal, 105  
Plomo, 97  
Presión, 25  
Presión osmótica, 91  
Principio de Arquímedes, 41  
Proteínas, 81  
Ptolomeo, 69

## **Q**

Química de la atmósfera, 59  
Química y cocina, 81

## **R**

Resistencia aerodinámica, 55

## **S**

Sistema de referencia, 15

## **T**

Teoría tricromática del color, 101  
Tour 1989, 77

## **U**

Unidades, 15

## **V**

Velocidad, 15, 37  
Velocidad sonido, 49



## Introducción

Relacionar los contenidos de la asignatura de Física y Química con la vida real y con los protagonistas de los principales descubrimientos y avances, fue una preocupación constante en mi etapa como profesor de secundaria. No obstante, no es una tarea sencilla. El profesorado tiene múltiples cosas que hacer, además de la docencia directa, y el tiempo es finito, por eso no pueden emplearlo en buscar información a menudo dispersa, contrastarla, resumirla y prepararla para que pueda servir como complemento a las explicaciones.

Estas *Historias para contar en clase* pretenden cubrir esa necesidad proporcionando historias cortas, poco conocidas, explicadas de forma sencilla, y a la altura de los conocimientos de los alumnos de secundaria, para que puedan servir como ilustración de algunos de los principales conceptos tratados en esa etapa.

Para facilitar su uso, al principio de cada una, se ha incluido una lista de contenidos que se han recogido en un índice temático para facilitar la búsqueda.

Espero que esta publicación sea de utilidad a los miles de docentes que cada día se esfuerzan para que la ciencia sea algo asequible, próximo y emocionante para sus alumnos.

Luis Ignacio García

# El movimiento no se demuestra andando

✓ Sistema de referencia

✓ Velocidad

✓ Unidades



La vieja máxima de que “*el movimiento se demuestra andando*”, no es cierta. Para demostrar que nos movemos lo que realmente necesitamos es un *sistema de referencia*. Si nos fijamos en él y dejamos que transcurra el tiempo, concluiremos que nos movemos si nuestra posición varía con respecto de esa referencia y, entonces, podremos calcular nuestra velocidad dividiendo el espacio recorrido entre el tiempo empleado.

El movimiento, por tanto, *es siempre relativo*, depende del sistema de referencia elegido. Podemos movernos respecto de un sistema de referencia y permanecer quietos respecto de otro.

Normalmente, no hay mucha dificultad para su elección, pero otras veces no es fácil. Imagínate una nave, hace cuatrocientos años, en medio del océano, sin tierra a la vista; para situarla es necesario saber rumbo y velocidad. Para fijar el primero puedes usar el sol o las estrellas, pero ¿cómo determinas la segunda? ¿qué sistema de referencia usas?

Como casi siempre el ingenio humano dio con una ingeniosa solución, simple y eficaz: bastaba con arrojar un objeto flotante al agua. Este permanecería “quieto” en la superficie y el barco se alejaría de él más o menos rápido. Solo faltaba calcular la distancia recorrida y el tiempo empleado.

“*La corredera*” era una tablilla lastrada con plomo para que permaneciera semisumergida en el agua, ofreciendo una gran resistencia al desplazamiento pudiendo considerarla fija. Sujeta a una cuerda enrollada en un carrete situado en el barco, la cuerda se desenrollaba más o menos rápido dándonos la distancia a la corredera.

El tiempo se medía con un reloj de arena (llamado “ampolleta”) facilitando de esta manera el segundo de los datos imprescindibles para medir la velocidad.

La tablilla, debido a su gran superficie, opone mucha resistencia a desplazarse suministrando una referencia fija.



$$F = C_x S v^2 d$$

La resistencia (F) que opone un fluido a que un objeto se desplace en su seno es directamente proporcional a la superficie perpendicular al desplazamiento.

He aquí una descripción del procedimiento:

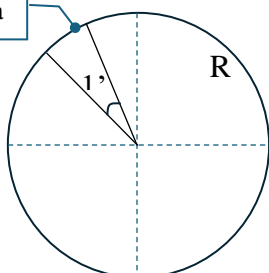
“Un hombre manejaba la corredera y otro la ampolleta. El de la corredera la echaba por la popa y dejaba correr la primera parte para que se estabilizara en el agua. El hombre iba dejando correr el cordel de la corredera libremente pasando por su mano, y al sentir el primer nudo cantaba “¡marca!”, a lo que el de la ampolleta la invertía y el tiempo empezaba a correr, mientras, el del cordel iba contando los nudos según iban pasando hasta que el de la ampolleta, en el momento que acababa de bajar toda la arena, cantaba “¡marca!” y el del cordel lo agarraba fuertemente y medía la fracción de nudo que había pasado desde el último y cantaba “¡cinco nudos y un cuarto!”.

Así que la velocidad de los barcos se empezó a medir **en nudos**, los contados sobre la cuerda y situados a una distancia de 10 brazas.

Actualmente **un nudo equivale a una milla náutica por hora**. Esto es 1,852 km/h, unos 0,5 m/s o 30 m/min.

El aparente engorro de usar millas náuticas para medir distancias se convierte en una gran ventaja si tomamos el valor de la milla náutica como el arco correspondiente a 1' de latitud (1852 m):

1 milla náutica



$$1' \frac{1}{60} \frac{40\,024 \text{ km}}{360^\circ} \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 1852 \text{ m}$$

Por tanto, la diferencia en latitud, medida en minutos entre dos puntos es, justamente, la distancia en millas náuticas. Así, dos puntos cuya latitud difieran en 1° (60') estarán separados 60 millas.

# Eratóstenes

✓Medidas

✓Experimentos



Manuel Lozano Leyva en su libro *De Arquímedes a Einstein. Los diez experimentos más bellos de la física*, menciona la medida del radio de la Tierra, realizada por Eratóstenes en el 235 a. C., como uno de ellos. Es bello por dos razones: su simplicidad y la agudeza del razonamiento que lo acompaña.

**Eratóstenes de Cirene** (273-194 a. C.) fue algo más que un filósofo, un verdadero polímata: poeta, astrónomo, matemático, geógrafo y figura prominente de la sociedad griega, pues durante más de cuarenta años fue director de la Biblioteca de Alejandría, el templo del saber de la época, situado en la desembocadura del Nilo, y tristemente desaparecido,



Eratóstenes (276 a.C. - 194 a.C.)

El considerar una Tierra esférica tenía, ya entonces, insignes defensores: Tales, Parménides y Pitágoras en el s. VI a. C. y, sobre todo, Aristóteles en el s. IV a.C., pero fue Eratóstenes quien fue capaz de demostrar dicha esfericidad y, no contento con ello, calculó su radio con un mínimo error.

El punto de partida estuvo en un hecho que, aparentemente, nada tenía que ver con lo que nos ocupa: el jolgorio que todos los años se organizaba durante el solsticio de verano (20 o 21 de junio) en una ciudad situada unos 800 km al sur de Alejandría: Siena (Syene), cuyo nombre iría cambiando hasta convertirse en el actual Asuán (Syene > As Syene > As Suen > As Suán > Asuán).

Ese día se celebraba que el sol alcanzaba su máxima altura, podía verse reflejado en el agua de los pozos más profundos y los obeliscos de las plazas no proyectaban sombra alguna, ya que se situaba en el cénit, justo sobre sus cabezas,  $90^{\circ}$  sobre el horizonte.

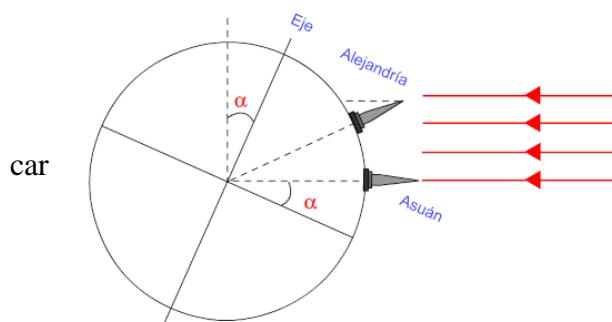
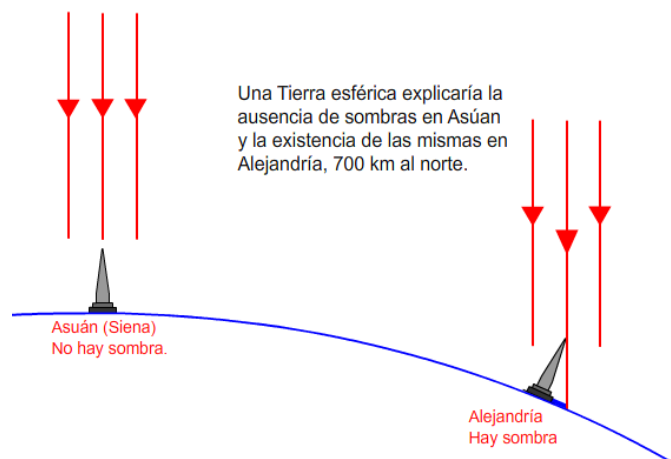
Sin embargo, en Alejandría, no tenían tanta suerte, el “prodigio” no se producía; aunque las sombras eran cortas, existían, y el sol no estaba en la vertical ( $90^{\circ}$ ), sino un poco más bajo, a unos  $83^{\circ}$ .

Y mientras en Siena la gente celebraba un día tan especial, Eratóstenes en su despacho de la biblioteca se preguntaba el porqué de este hecho, y a base de darle vueltas llegó a una conclusión asombrosa, la misma a la que llegaría, muchos años después, en el interior de la selva colombiana, José Arcadio Buendía, uno de los personajes de *Cien años de soledad*:

—La Tierra es redonda como una naranja.

“La hipótesis de los antiguos es cierta y demostrable. Además, el eje de rotación de la Tierra está inclinado”, podría haber comentado Eratóstenes, temblando de emoción, a su amigo Arquímedes.

Efectivamente, si suponemos que el Sol está tan lejos que sus rayos llegan paralelos a la Tierra, en la figura se ve claramente como la hipótesis de una Tierra esférica explica el fenómeno.



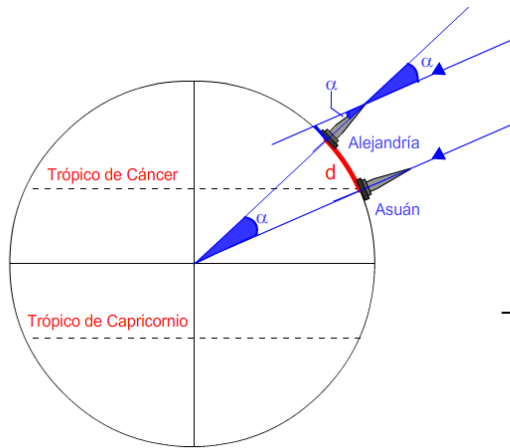
Pero Asuán no está situada en el Ecuador, sino  $24^{\circ}$  al norte. Para justificar el fenómeno, el eje de rotación de la Tierra debería de estar inclinado un ángulo igual a la latitud de Asuán. El valor exacto es  $23,5^{\circ}$ .

Si aplicamos las matemáticas podemos deducir más cosas.

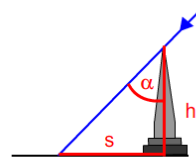
Asuán está, prácticamente, sobre el trópico de Cáncer a  $24,1^{\circ}$  N, mientras que Alejandría se sitúa más al norte, a unos  $31,2^{\circ}$  N, así que la diferencia en latitud es de  $7,08^{\circ}$ .

Echando un vistazo a la figura y a la proporción establecida entre ángulo y arco, se ve que para calcular el radio de la Tierra necesitamos únicamente dos datos:

- ✓ El ángulo  $\alpha$  (fácilmente medible).
- ✓ La distancia entre Asuán y Alejandría.



Midiendo la sombra de un objeto, y realizando un sencillo cálculo, Eratóstenes fue capaz de medir el radio de la Tierra.



$$\text{tg } \alpha = \frac{s}{h}$$

$$\frac{\alpha}{d} = \frac{360^\circ}{2\pi R}$$

$$R = \frac{360 d}{2\pi \alpha}$$

Hoy día solo tenemos que abrir Google Maps para tener los datos de latitud y distancia en línea recta entre ambas ciudades. Por tanto:

$$\left. \begin{array}{l} L_{Ale} = 31,22^\circ \\ L_{Asu} = 29,91^\circ \end{array} \right\} \alpha = 31,22^\circ - 24,07^\circ = 7,15^\circ$$

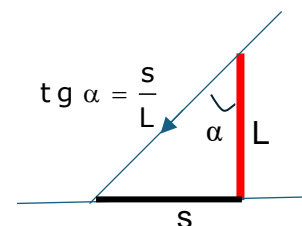
$$R_T = \frac{360^\circ d}{2\pi \alpha} = \frac{360^\circ 837,47 \text{ km}}{2\pi 7,15^\circ} = 6710,98 \text{ km}$$

Considerando que el valor estimado para el radio medio de la Tierra es de 6371 km hemos cometido un error de:

$$E_r = \frac{V_{med} - V_{verd}}{V_{verd}} = \frac{(6711 - 6371) \text{ km}}{6371 \text{ km}} = 5,3\%$$

Eratóstenes no disponía del auxilio de Google Maps, pero recurrió a las tecnologías disponibles en la época: palos y carretas.

El ángulo lo calculó clavando un palo verticalmente en tierra y midiendo la sombra que proyectaba al mediodía. Si queremos darle a la experiencia un poco más de lustre podemos decir que utilizó un gnomon (que no es más que un palo vertical que produce una sombra medible).



Para medir la distancia existente entre Asuan y Alejandría se dice que pagaba a los jefes de las caravanas que hacían el trayecto entre ambas ciudades para que pusieran esclavos a contar las vueltas que daban las ruedas de las carretas; otras fuentes afirman que utilizó un regimiento de soldados que contaron los pasos entre ambas ciudades. Sea como fuere obtuvo un valor de 5000 estadios.

El estadio era entonces una unidad de longitud muy usada, el equivalente a nuestro kilómetro. El problema es que no estaba normalizada. El estadio griego equivalía a 185 m, el ático<sup>1</sup> a 177,6 m y el egipcio a 157,5 m.

Las fuentes más fiables indican que Eratóstenes utilizó el estadio egipcio obteniendo para la distancia entre Alejandría y Asuán 787,5 km y para  $\alpha=7,2^{\circ}$ .

Rehaciendo los cálculos anteriores con estos datos obtenemos como valor para el radio de la Tierra ¡6267 km! Error: ¡1,6 %! En dos palabras: ¡Im-presionante! (sic).

Probablemente la fortuna acompañó a nuestro héroe, puesto que cometió diversos errores que seguramente se compensaron entre sí (Alejandría y Asuán no están en el mismo meridiano, por ejemplo). De lo que no hay duda es que pocas veces meditar sobre la sombra proyectada por un palo en un radiante día de verano tuvo tantas consecuencias.

---

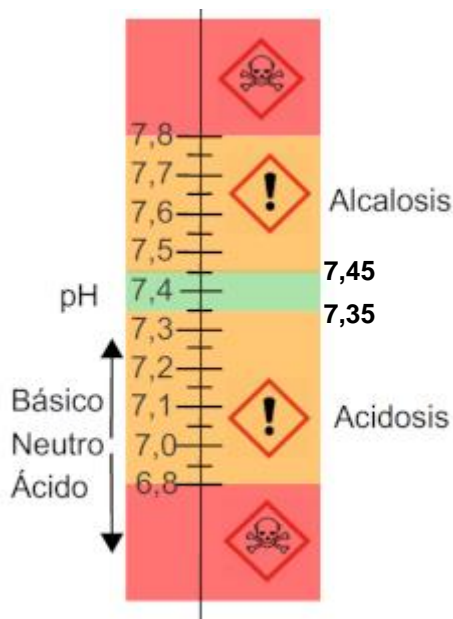
<sup>1</sup> Ática es una península situada al sur de Grecia donde está situada la capital, Atenas

# El equilibrio que regula tu pH (y tu vida)

- ✓ Equilibrios
- ✓ pH
- ✓ Disoluciones reguladoras (tampones)



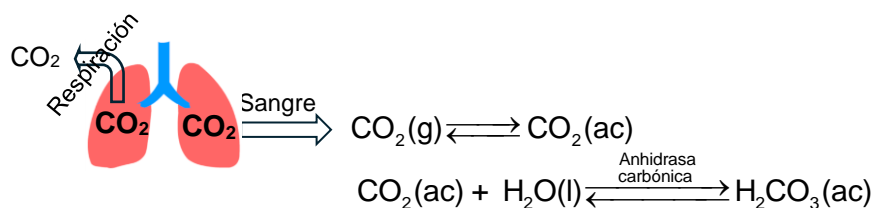
La vida humana solo es posible si el pH de la sangre está situado en un intervalo muy estrecho. Por encima de 7,80 o por debajo de 6,80 nuestro organismo colapsa y es que las enzimas, imprescindibles en la regulación de los procesos metabólicos, solo funcionan en



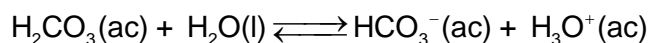
condiciones de acidez muy determinadas. Realmente, el intervalo es aún más estrecho, los valores de pH considerados normales están entre 7,45 y 7,35. Por encima de 7,45 el organismo entra en *alcalosis* y por debajo de 7,35 en *acidosis*, dos trastornos metabólicos que pueden tener serias consecuencias si se prolongan en el tiempo. Por eso, nuestro organismo está dotado de mecanismos de control capaces de mantener el pH de nuestra sangre (salvo catástrofe) en los valores mencionados.

El llamado *equilibrio ácido base* (en realidad varios equilibrios sucesivos) funciona como una disolución reguladora ácido débil ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) / base fuerte ( $\text{HCO}_3^-$ ).

El ácido carbónico se obtiene a partir del  $\text{CO}_2$  recogido en los pulmones, y gracias a la acción de la anhidrasa carbónica:



El  $\text{H}_2\text{CO}_3$  es un ácido débil que está parcialmente disociado:



Considerando los equilibrios superpuestos llegamos a:





La cantidad de CO<sub>2</sub> disuelto en sangre depende de la pCO<sub>2</sub> (presión parcial) en los pulmones. Si aumenta la cantidad de CO<sub>2(g)</sub> (medida como pCO<sub>2</sub>) en los pulmones (hipercapnia), debido a una mala ventilación, inhalación del gas, enfermedad pulmonar u otra, el equilibrio se desplazará hacia la derecha, provocando un aumento de la acidez en sangre (disminución del pH). Se produce la **acidosis respiratoria**. Un mecanismo compensatorio consiste en liberar CO<sub>2</sub> mediante la respiración, lo que se logra aumentando la frecuencia cardiaca y la ventilación pulmonar (respiración agitada).

Son síntomas de acidosis respiratoria: dolor de cabeza, somnolencia, vómitos, náuseas o diarreas.

Una pCO<sub>2</sub> baja retrogradará el equilibrio hacia la izquierda, provocando una disminución del ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> en sangre (aumento del pH). Se produce la **alcalosis respiratoria** que conllevará un descenso en la ventilación para reducir la eliminación de CO<sub>2(g)</sub>.



El otro término que puede alterar el equilibrio es **el ion bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**.

El órgano encargado de mantener su concentración en los valores adecuados es el riñón, donde las células tubulares son capaces de reabsorber o generar HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> según las necesidades.

Por ejemplo, en una situación de acidosis respiratoria, los riñones contribuyen a la recuperación del pH aumentando la concentración de bicarbonato en sangre (disminuyendo la [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]), mientras que en una situación de alcalosis ocurrirá lo contrario, es decir, disminuirá la concentración de bicarbonato en sangre (aumentando la [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]).

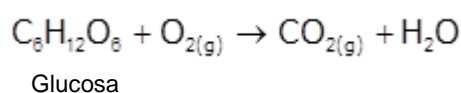
Cuando la causa que genera el trastorno no es la concentración del CO<sub>2</sub>, sino problemas metabólicos como disfunción renal (no funciona bien el aporte/retirada de [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]), generación de compuestos ácidos... etc., hablamos de **alcalosis o acidosis metabólica**.

TRASTORNO	Causa	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	pH	Compensación
<b>ACIDOSIS</b> RESPIRATORIA	p CO <sub>2</sub> ↑	↑	↓	Aumenta [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] Respiración rápida
<b>ALCALOSIS</b> RESPIRATORIA	p CO <sub>2</sub> ↓	↓	↑	Disminuye [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] Respiración lenta

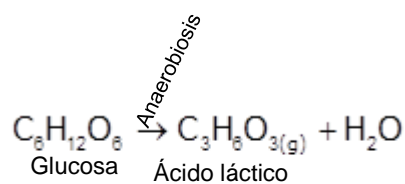
Como se puede observar, nuestro organismo es capaz de regular el pH gracias a mecanismos de compensación en los que intervienen los pulmones (responsables de la reserva ácida) y los riñones (que regulan la reserva básica).



En el mundo del deporte se trata de evitar, a toda costa, la acidosis que sobreviene cuando se hacen esfuerzos muy intensos y de duración media. En estas situaciones la glucosa no se degrada en los músculos a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, sino que debido a la ausencia de oxígeno, la oxidación se detiene en **ácido láctico** y se entra en acidosis, el dolor hace su aparición y el rendimiento se reduce considerablemente.



**Degradación aerobia de la glucosa**



**Degradación anaerobia de la glucosa**

¿Cómo contrarrestar la producción de ácido láctico? Lo ideal sería lograrlo a base de entrenamiento hasta conseguir que los músculos sean capaces de absorber el oxígeno suficiente, pero en competición y en situaciones límites (sprint final en carreras de medio fondo/fondo) es muy difícil evitar la acidosis muscular y los dolores asociados, así que se recurre a métodos exógenos para conseguirlo.

El más típico es el aporte de bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) diluido bajo un estricto control médico, pues puede provocar molestias estomacales, incluso diarreas.

**Primoz Roglic**, campeón de la Vuelta a España 2024, colabora con una empresa que experimenta una tecnología novedosa: encapsular el bicarbonato en un hidrogel evitando de esta manera los problemas digestivos que plantea su ingestión directa.

Aunque la utilización del bicarbonato está permitida, existe un debate abierto, pues la fatiga muscular, o el dolor, no son más que toques de atención de nuestro organismo para que no sobrepasemos los límites llegando a lesiones irreversibles o, incluso, a un estado de alcalosis perjudicial para el organismo.

## Campaneros

✓ Hidrostática

✓ Presión



Cuando a principio de los años cincuenta del siglo XX España comenzaba la senda del desarrollo, se necesitaron toneladas de hierro y acero para acometer las grandes obras públicas previstas, así que la Empresa Nacional Siderúrgica (ENSIDESA) acordó construir en Avilés (Asturias) una gran siderurgia capaz de bastecer el mercado nacional.

Los terrenos elegidos para la ubicación fueron los situados en la margen derecha de la Ría de Avilés, donde la cimentación de las grandes estructuras que se necesitaban constituyó un grave problema: la base sólida, rocosa, que ofrecía un apoyo firme a los cimientos, estaba situada bajo el fondo arenoso de la marisma.

¿Cómo cimentar en una zona en la que la presencia del agua era una constante?

En la época se empleaban los llamados cajones indios o “campanas”.

La cimentación se llevaba a cabo mediante zapatas de hormigón que, poco a poco, iban hincándose en el terreno y recreciéndose en la parte superior hasta alcanzar la zona rocosa que suministraba un apoyo seguro.

Para hincar las zapatas grupos de trabajadores, situados en un hueco en su interior, retiraban, a pico y pala, el lodo. Para evitar que el agua circundante inundara la zona de trabajo, se trabajaba a una presión superior a la del entorno:

$$P = d g h = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 20 \text{ m} = 201880 \text{ Pa}$$
$$201880 \text{ Pa} \frac{1 \text{ atm}}{101300 \text{ Pa}} \approx 2 \text{ atm}$$

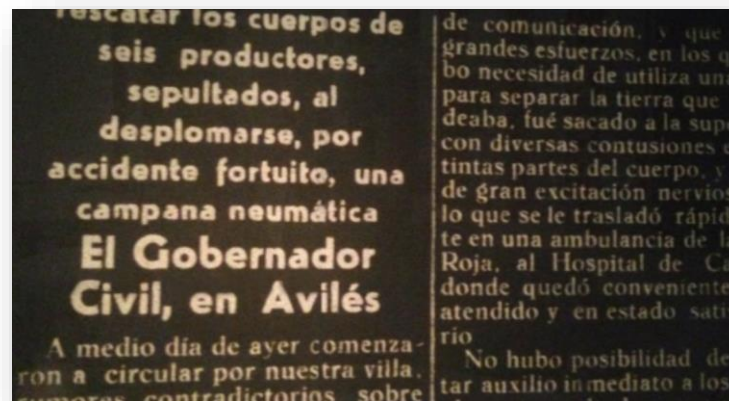
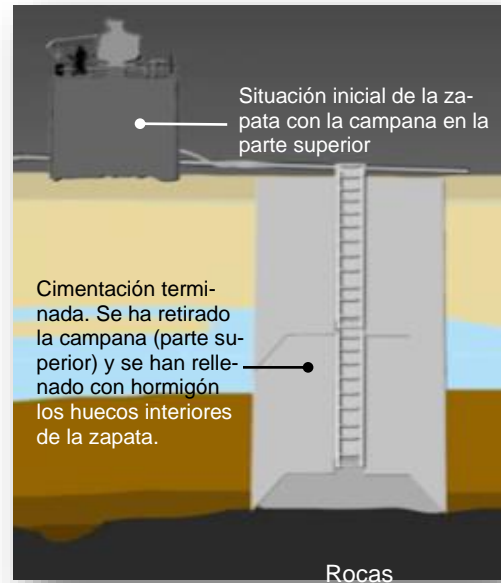
El cálculo se ha realizado considerando la densidad del agua de mar ( $1,03 \text{ g/cm}^3$ ) y una profundidad de 20 m, probablemente el máximo alcanzado.



Imágenes del documental “Campaneros”

En consecuencia, los obreros estaban sometidos durante largas jornadas de trabajo a una sobrepresión que, una vez en la superficie, y con las escasas medidas que se adoptaban, les hacía padecer la mayor parte de los síntomas del síndrome de la descompresión.

Las condiciones de trabajo de “los campaneros” eran penosas, y muy peligrosas<sup>2</sup>. Además, los accidentes derivados de la repentina descompresión de la zona de trabajo, la inclinación accidental de las zapatas, u otros, dejaron un número indeterminado de víctimas mortales que, aún hoy, no se conocen con certeza.



El trabajo a presiones elevadas tiene efectos notables sobre la salud de los trabajadores. Los buceadores conocen muy bien sus consecuencias.

Si estamos a una presión elevada, nuestros tímpanos, esa sutil tela que separa el oído externo del interno, y que es capaz de detectar las variaciones de presión que constituyen los sonidos, es quien primero nos advierte. Nuestro cuerpo nos avisa (mediante el dolor) de que nuestro tímpano puede romperse empujado por la presión. La maniobra para “compensar” la diferencia de presión es tapar la nariz con los dedos y soplar, así el aire de nuestro

---

<sup>2</sup> Ver el documental “Campaneros” de Isaac Bazán Escobar  
<https://www.youtube.com/watch?v=Up9M7adMvD0>

interior empuja el tímpano hacia afuera, haciendo que se recupere, evitando de esta manera una posible ruptura.

Cuando se bucea usando aire comprimido, es decir una mezcla de 21 % de oxígeno y 79 % de nitrógeno, aproximadamente, ocurre que al aumentar la presión aumenta la solubilidad del gas en la sangre. El nitrógeno es absorbido por los tejidos, en función de su densidad y el grado de irrigación sanguínea. En concreto, en el tejido adiposo y en el óseo se absorbe lentamente, pero también se elimina despacio. El problema está en que, al ser un gas inerte, no se metaboliza y ha de ser eliminado mediante la respiración.

Cuando la presión disminuye, especialmente si la disminución es brusca (como sucede si el buceador asciende rápido), el exceso de nitrógeno no puede ser eliminado por la respiración y pueden formarse burbujas en la sangre y en los tejidos. Las burbujas pueden provocar lesiones o dolorosas inflamaciones o, lo que es peor, viajar por el torrente sanguíneo y producir la obstrucción de vasos. El llamado "*síndrome de descompresión*" empieza a dar la cara un tiempo después de terminar la inmersión: dolores de cabeza, mareos, dolores articulares y musculares...

El método más usado para evitar estos problemas consiste en ascender lentamente, efectuando paradas programadas a distintas profundidades para dar tiempo a nuestro organismo a eliminar el exceso de nitrógeno en sangre.

Pocas de estas precauciones se adoptaban con los campaneros a los que frecuentemente "*los atacaba el aire*" produciéndoles roturas de tímpano, dolores articulares o incluso embolias. Solo a los casos más graves se les sometía a sesiones de descompresión.

Entrar en las campanas estaba bien pagado (3500 ptas. frente a las 850 ptas. de un jornal medio) pero el riesgo era enorme. La penosidad del trabajo y la frecuencia de accidentes mortales, unidos a una mayor disponibilidad de dinero, disparaban el alcoholismo, la ludopatía y la mala fama de los campaneros a quienes, incluso, se les negaba la entrada a ciertos establecimientos.

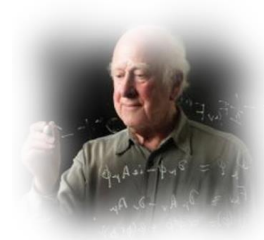
## Transitando entre dos mundos

- ✓ Peter Higgs
- ✓ Método científico



Y esto (la Física) ¿de qué va?

**Peter Higgs**, Premio Nobel de Física en 2013, mantiene que “*Todo este asunto (la Física, la ciencia) va sobre intentar comprender el mundo*”. Pocas definiciones de ciencia



*Peter Higgs*  
1929

"Todo este asunto (**la ciencia**) va sobre intentar **comprender el mundo**".

son tan concisas y, al mismo tiempo, tan certeras, y es que el terreno en el que la ciencia pelea es el del mundo material que percibimos a nuestro alrededor, el mundo *medible*.

La labor de los físicos (de los científicos en general) consiste, precisamente, en explicar ese mundo, en entender el sentido profundo que subyace en los fenómenos naturales, descubrir las regularidades que existen y enunciar las leyes básicas que rigen su funcionamiento. Pero esto no es sencillo, por eso Higgs utiliza el verbo *intentar*, pues la pretensión es *aproximarse* a la descripción más exacta del fenómeno, teniendo en cuenta que los modelos que elaboramos no son definitivos, son siempre perfectibles, mejorables, y es que la ciencia, al contrario de lo que muchas veces se cree, está muy alejada del dogma, de la verdad inamovible.

En esta pelea por la búsqueda de la ley física, el científico se comporta como un verdadero detective: **observa** el fenómeno concentrándose en el caso estudiado; **reúne los datos**, las pistas fiables que tenemos, e, indefectiblemente, **interroga a la naturaleza**. Su forma de hacerlo, la lámpara que ilumina, es **el experimento**, que no es más que una forma ordenada y controlada de hacer preguntas. Las respuestas obtenidas, los datos que medimos, se recogen, archivan y clasifican cuidadosamente. Un análisis reflexivo y correcto de ellos nos debe de dar las respuestas que buscamos, una teoría global que comprenda y explique los resultados parciales.

Este método (que se conoce como **método científico**) tiene un largo recorrido. De forma general se sitúa su inicio en el s. XVII con Galileo Galilei, quien, por ejemplo, hizo

acopio de ingenio para lograr ralentizar la aceleración con la que los objetos caían haciéndolos descender por un plano inclinado.

Lo más curioso, lo que nos sorprende muchas veces, es que la respuesta que la naturaleza nos da es la contraria de la que nosotros suponíamos que debería de ser (la de la *hipótesis* de partida). Y es que los experimentos nos dicen ***lo que realmente ocurre***, no lo que nosotros pensamos que debería ocurrir. La naturaleza es siempre sincera, no miente, de ahí que el científico debe tener la humildad suficiente para abandonar sus hipótesis iniciales y abrazar como cierta la información que sus experimentos le proporcionan, aunque vaya (por lo menos aparentemente) contra el sentido común. Según M. Kaku. “*Si todas nuestras nociones de sentido común acerca del universo fueran ciertas, hace años que la ciencia habría desaparecido*”.

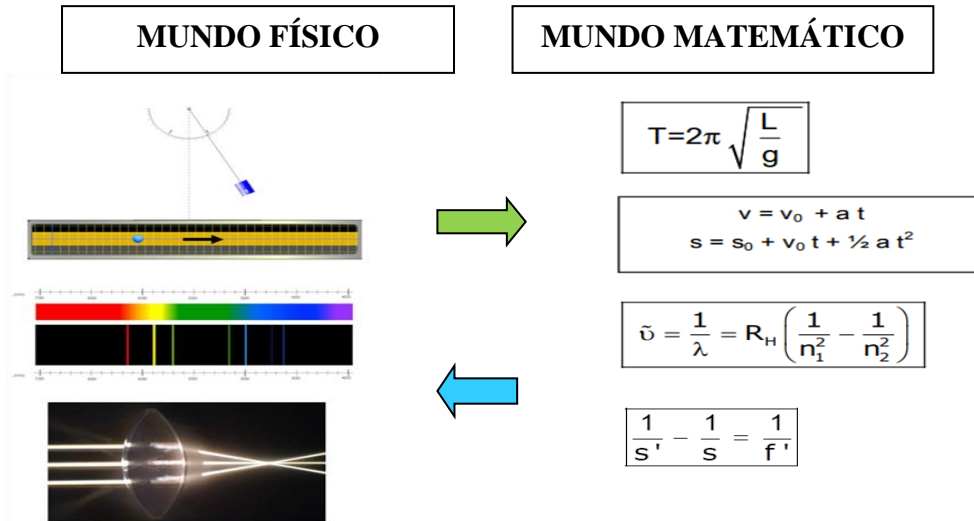
En ciencia los resultados experimentales marcan la diferencia entre lo deseable y lo real, son siempre el tamiz que va a separar las bellas teorías de las teorías ciertas. Gracias a la experimentación (recordemos, un experimento no es más que una pregunta dirigida a la naturaleza sobre la cuestión que nos ocupa) obtenemos la respuesta.

Pero hay más, una vez recogida toda la información sobre el fenómeno que nos ocupa, podemos extraer conclusiones acerca del mismo, incluso podemos llegar a una ecuación, una expresión matemática que nos permite describirlo en función de magnitudes. Si somos capaces de hacer esto, lo sabemos (casi) todo sobre el fenómeno estudiado, hemos resuelto el caso brillantemente. Lo más asombroso es que ahora podemos hacer predicciones, somos capaces de contestar a preguntas del tipo “*qué pasaría si...*” y eso, a nosotros, los humanos, nos encanta.

Otra interesante cuestión que deberemos de abordar es ***el lenguaje*** utilizado por los físicos. Comprenderlo, o al menos entender sus normas básicas, es imprescindible para informarnos sobre lo que quieren decirnos, para entender las ideas. La buena noticia es que ese lenguaje es universal, todos los físicos, sea cual sea su nacionalidad, hablan el mismo. La ¿mala? noticia es que el lenguaje al que nos estamos refiriendo son las matemáticas. Decía Galileo que el libro de la Naturaleza está escrito en lenguaje matemático y él, como experto interrogador, de eso sabía un rato.

En consecuencia, podemos afirmar que existen dos mundos, *el mundo físico*, el de los fenómenos observables, el mundo perceptible: un objeto que se mueve, un péndulo que oscila, un espectro de rayas, un rayo de luz que se desvía al atravesar un cristal... y el

*mundo matemático*, en el cual estos fenómenos se han traducido al preciso (y aparentemente esotérico) lenguaje de las matemáticas. **Al final, la Física se reduce a eso, a un tránsito continuo, y en ambas direcciones, entre los dos mundos:**



**Ida:** observar, experimentar, analizar los datos y reducir el fenómeno observable a una ecuación matemática.

**Vuelta:** usar las ecuaciones matemáticas para predecir lo que sucederá en el mundo físico; esto implica plantear (o lo que es lo mismo, desarrollar las capacidades necesarias, para traducir el lenguaje humano a “lenguaje ecuación”) y resolver las ecuaciones.

Lenguaje humano	Lenguaje “ecuación”
¿Qué longitud deberá tener un péndulo para que tarde 1,0 s en dar una oscilación completa?	¿Cuánto vale L cuando $T = 1,0$ s?
¿Cuánto tiempo tarda un móvil en pararse?	Determina cuánto vale “t”, cuando $v = 0$
¿Cuál es la longitud de onda de la línea roja en el espectro del hidrógeno?	¿Cuánto vale $\lambda$ cuando $n_1 = 3$ y $n_2 = 2$ ?
¿Qué lente hemos de usar para que sobre una pantalla situada a 2,0 m del proyector enfoque nítidamente un objeto situado a 0,50 m?	Calcular la distancia focal de una lente convergente para $s = -0,50$ m y $s' = 1,0$ m

¡Ojo! con el resultado no se termina el problema, es solo el principio del retorno del mundo matemático al físico, hay que analizarlo y comprender su significado físico.



## Wolframio, un tipo duro muy querido

- ✓ Wolframio
- ✓ Delhuyar , Juan José y Fausto



Los trabajadores de las minas de estaño situadas en Sajonia (Alemania) tenían cierto temor, en los minerales que extraían se formaba una misteriosa espuma que consumía parte del metal. El suceso fue explicado recurriendo al mismísimo diablo, quien, al parecer, tomando la forma de lobo, (“wolf” en alemán) lamía las piedras de casiterita destruyendo el estaño y dejando una espuma blanca, sus babas (“rahm”).

Debieron pasar muchos años hasta que unos químicos españoles, los hermanos *Juan José y Fausto Delhuyar*, nacidos en Logroño, lograron no solo verle las orejas “al lobo”, sino sacarlo de su madriguera gracias a la química.



Realmente no había demonio, y el lobo no era tal, sino un desconocido metal que impurificaba los minerales de estaño y que, debido a que formaba compuestos ácidos, lo atacaba, disolviéndolo.

Los hermanos Delhuyar fueron capaces de aislar ese metal en 1783 reduciendo su óxido con carbón y decidieron llamarlo “**volframio**” (wolf-rahm), con “v”, no con “w”, ya que entonces la “w” no se utilizaba en español, pues su entrada oficial en el alfabeto tuvo lugar casi doscientos años después (1969).

Era la segunda vez que la bandera de España se hincaba en una de las casillas de la tabla periódica, tras el descubrimiento del platino por Álvaro de Ulloa en 1748.

El tercero de los elementos con “sangre española” es el vanadio, descubierto por *Andrés Manuel del Río* en 1801, que lo bautizó con el nombre de *eritronio*. Décadas después (en 1830) el químico sueco *Nils Gabriel Sefström* fascinado por los hermosos colores de

sus compuestos decidió hacerle justicia llamándolo *vanadio* en honor de Vanadis, diosa escandinava de la belleza. ¡Buen gusto el de Sefström!

El wolframio es el elemento número 74 y está situado en la zona central del SP y en su sexto periodo, donde se encuentran los elementos más densos y con puntos de fusión más altos: W, Re y Os. Si miramos las temperaturas a las que se transforman en líquidos, vemos que están por encima de los 3000 °C, alcanzando el máximo en el wolframio con 3422 °C (el Fe, por fijar una referencia, tiene un punto de fusión de unos 1500 °C).



Durante la Segunda Guerra Mundial los tanques alemanes adquirieron un gran reputación, ganada seguramente con los temibles Panzer, en cuyo blindaje estaba presente, como no, el wolframio. Por eso este elemento se convirtió en estratégico para los nazis durante la contienda europea: era imprescindible en los blindajes o en las puntas de los proyectiles para facilitar su penetración.

Los grandes productores eran China y Birmania, pero los aliados pronto cortaron las vías de abastecimiento procedentes de estos países y Hitler tuvo que buscar el preciado metal en Europa. Casualmente, en la España de Franco y en el Portugal de Salazar, existían considerables reservas. Estaban situadas en el noroeste de la península, en una franja semi-circular que abarca la parte occidental del Bierzo, gran parte de Galicia, el norte de Portugal y las provincias de Salamanca y Segovia; de esta manera Vigo se convirtió en el puerto de referencia donde enormes mercantes alemanes atracaban para transportar el mineral que debía de convertir en invencible al Tercer Reich.

El embajador alemán en España, Hans-Heinrich Dieckhoff, aseguraba:

—“*Para nosotros el wolframio es como la sangre para el hombre.*”

Las minas de Monte Neme (Carballo) o Varilongo (Santa Comba) se hicieron famosas y en esa época llegaron a trabajar en ellas miles de personas.

La situación daba para una película: pueblos llenos de mineros venidos de lejos, economía local revitalizada por una riqueza inesperada, bares en los que el alcohol corría y el dinero se perdía con la misma facilidad con la que se había ganado, familias enteras dedicadas al contrabando o decenas de espías tratando de obtener información para sabotear el suministro.

La llamada *Guerra del Wolframio* estuvo a punto de provocar la invasión de España por parte de los aliados, dispuestos a cortar el suministro al ejército alemán.

En 1944 la presión de la diplomacia inglesa (acompañada de un ultimátum en el que se incluía la invasión aliada) consigue sus objetivos y el general Franco pone fin a la exportación de wolframio desde España. Al menos legalmente, porque aunque los buques de carga alemanes dejaron de entrar libremente en los puertos gallegos, Puerto Valarés, en Ponteceso, se convierte en el punto de salida del mineral de contrabando<sup>3</sup>.



El wolframio se usa para fabricar electrodos de soldadura mezclado con óxidos de metales como el torio, lantano, cerio o circonio, que mejoran su capacidad para transportar la corriente eléctrica.

Su dureza y resistencia al desgaste lo hacen también imprescindible en la fabricación de aceros especiales, los usados en herramientas de corte, aplicación que consume el 60 % de la oferta.

Uno de sus compuestos, el carburo de wolframio (WC), tiene una dureza de 9,5 en la escala Mohs, donde el diamante ostenta el título de material más duro con un valor de 10, por lo que parece natural que los alemanes llamen al carburo *wie diamant*, “como el diamante” que normalmente se abrevia como *widia*. Ahora ya sabes lo que es esa especie de pastilla soldada en la punta de las brocas de *widia* que compras cuando quieres taladrar el hormigón.

Un uso mucho más cotidiano está en las bolas para las puntas de los bolígrafos. Sí, esa pequeña bolita que igual estás mirando con extrañeza ahora mismo puede resistir horas y horas de roce sobre los folios gracias a que en ella se encuentra presente el metal que estuvo a punto de provocar que los marines desembarcaran en Vigo.

De forma general, siempre que se requiera un material resistente al desgaste, que mantenga sus propiedades a temperaturas muy altas y sea resistente a la oxidación, seguramente el wolframio será una opción, es un tipo duro que aguanta muy bien el calor.

---

<sup>3</sup> Si quieres ampliar conocimientos sobre el particular en *RTVE Play* puedes ver el magnífico documental “*La batalla desconocida*”. Merece la pena.

# Usain Bolt

- ✓Cinemática
- ✓Velocidad
- ✓Aceleración
- ✓Gráficas



El 16 de agosto de 2009, en Berlín, está a punto de comenzar la final de los 100 metros (hombres) de los Campeonatos del Mundo de la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (**IAAF**). Al inicio de la recta de tribunas se alinean los ocho hombres más rápidos del planeta. Atención preferente a **Tyson Gay**, calle 5; **Asafa Powell**, calle 6 y, en el centro, calle 4, el más joven de los participantes, **Usain Bolt**.

Casi diez millones de espectadores contienen la respiración cuando suena el disparo de salida. Se espera algo grande. Usain se pone en cabeza desde el primer metro; detrás, Gay, trata de alcanzar la camiseta amarilla del jamaicano. Bolt, incluso se permite volver la cabeza en los metros finales y aun así detiene el cronómetro en unos increíbles **9,58 s**, el récord del mundo de la distancia, aún vigente (2024).

La carrera prometía grandes cosas y por eso los principales protagonistas fueron meticulosamente seguidos mediante sendos rayos láser que permitían determinar su posición y velocidad. Más abajo se pueden ver los datos recogidos para Bolt.

Final 100 m lisos. Berlín 2009

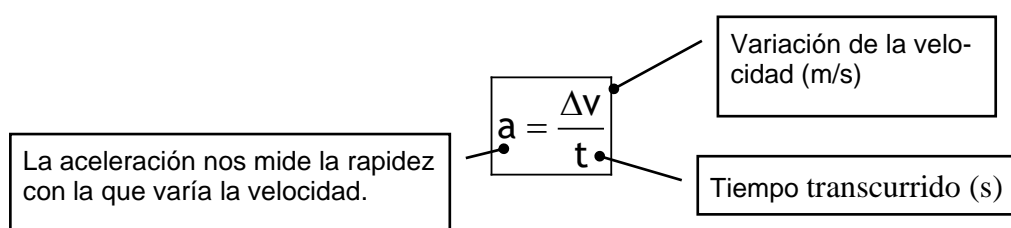
Distancia (m)	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00
Tiempo (s)	0,00	1,89	2,88	3,78	4,64	5,47	6,29	7,10	7,92	8,75	9,58
Velocidad (m/s)	0,00	5,29	10,10	11,11	11,63	12,05	12,20	12,35	12,20	12,05	12,05



La velocidad no es constante, alcanza un máximo a los 70 m y después decae. Estamos ante un movimiento variado. ¿Cómo describir estos movimientos?

Lo más evidente es que necesitamos tener información sobre **cómo varía la velocidad**. O lo que es lo mismo, necesitamos conocer lo rápido que varía la velocidad: **la velocidad a la que varía la velocidad**.

Sabemos cómo calcular lo rápido que un cuerpo se mueve o, lo que es equivalente, la velocidad a la que se recorre el espacio. Por tanto, quizá sea una buena idea definir la rapidez con la que varía la velocidad, lo que vamos a llamar **aceleración**, de la siguiente manera:



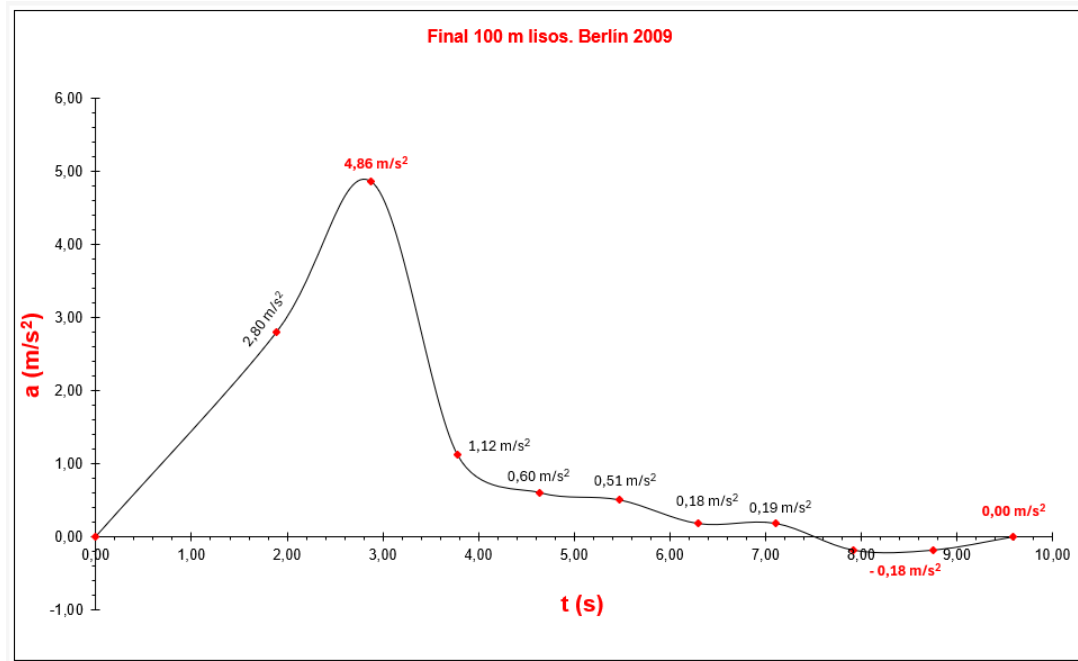
Naturalmente, ya que la velocidad es una magnitud vectorial, la aceleración también lo será. Es decir, para tener la información completa no solo hemos de conocer su valor numérico, también es necesario saber su dirección y sentido.

La tabla siguiente se ha completado con el dato de aceleración cada diez metros. Observa cómo se ha calculado la última fila: se determina lo que ha variado la velocidad (restando dos valores consecutivos) y se divide por el tiempo transcurrido (restando los valores de los tiempos), Obtenemos así lo que varía la velocidad (m/s) cada segundo. De ahí que la aceleración se mida en  $m/s^2$ .

e (m)	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00
t (s)	0,00	1,89	2,88	3,78	4,64	5,47	6,29	7,10	7,92	8,75	9,58
v (m/s)	0,00	5,29	10,10	11,11	11,63	12,05	12,20	12,35	12,20	12,05	12,05
a (m/s <sup>2</sup> )	0,00	2,80	4,86	1,12	0,60	0,51	0,18	0,19	-0,18	-0,18	0,00

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{(11,11 - 10,10) \frac{m}{s}}{(3,78 - 2,88)s} = 1,12 \frac{m}{s^2}$$

El dato de aceleración suministra una gran información sobre el movimiento. Observa la gráfica siguiente:

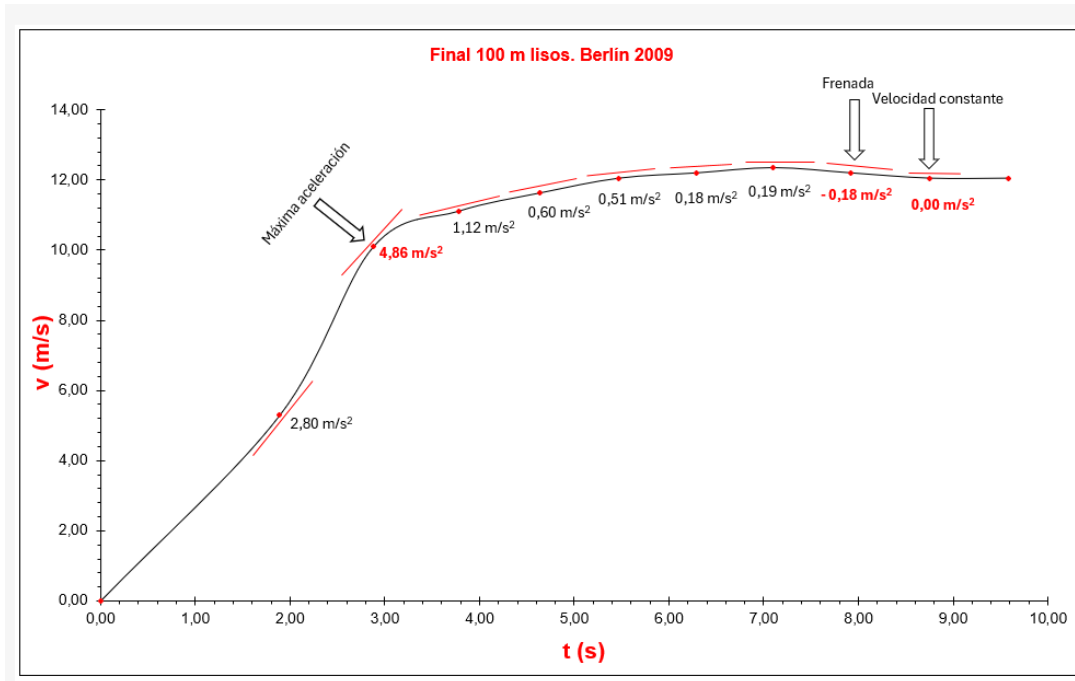


Lo que probablemente llame más la atención es que después de los 7,5 s, y casi hasta el final, la aceleración es negativa, lo que indica que Usain perdió velocidad en esos metros. Su superioridad era ya tan evidente que se entretuvo en girar varias veces la cabeza para vigilar a sus oponentes. ¿Qué hubiera pasado si, simplemente, hubiera bajado su aceleración a cero (lo que implica que la velocidad permaneciera constante, sin disminuir)? Probablemente estaríamos hablando de un récord estratosférico, en el rango de los 9,55 s.

Del examen de la última fila de la tabla, y de la gráfica, se deduce algo más: la rapidez con la que varió la velocidad de Bolt (la aceleración) no fue constante. Alcanzó un máximo de  $4,86 \text{ m/s}^2$ , a los 20 m, para ir después decayendo, lo que no quiere decir que la velocidad fuera disminuyendo, sino que aumentó más lentamente.

El movimiento es bastante complejo para ser descrito matemáticamente, pero las gráficas son una herramienta formidable para su análisis.

En una gráfica  $v/t$  observamos como la máxima variación de velocidad se produce en los tres primeros segundos y, después, la velocidad sigue aumentando más lentamente hasta que se produce una bajada, ya al final. En esta gráfica la aceleración viene dada por la pendiente (inclinación) de la tangente en cada punto.



Y bajando al terreno, a la pista, aquí tenemos un resumen de cómo fue la carrera con los datos de distancia, tiempo, velocidad y aceleración.

	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m																				
1																														
2																														
3	1,89 s	2,88 s	3,78 s	4,64 s	5,47 s	6,29 s	7,10 s	7,92 s	8,75 s	9,58 s																				
4	5,29 m/s 10,10 m/s 11,11 m/s 11,63 m/s 12,05 m/s 12,20 m/s 12,35 m/s 12,20 m/s 12,05 m/s 12,05 m/s																													
5	Máxima aceleración Aceleración baja (disminuye la velocidad) Aceleración nula (v =cte)																													
6																														
7																														
8																														

## Plimsoll, el círculo que salvó vidas

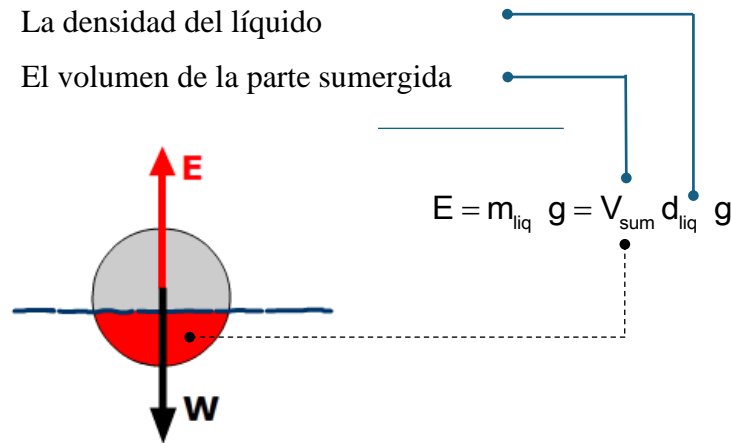
- ✓ Hidrostática
- ✓ Principio de Arquímedes



*“Para que algo flote es necesario que las dos fuerzas que actúan se equilibren. Una, el peso, tira hacia abajo y depende de la masa del cuerpo. La otra, el empuje, lo hace hacia arriba”.*

Sin meternos en más consideraciones el empuje depende de dos cosas:

1. La densidad del líquido
2. El volumen de la parte sumergida



Si aumenta cualquiera de las dos, aumenta el empuje.

¿Qué ocurre si aumentamos la carga (peso) de un barco?

Si el peso crece, para equilibrarlo deberá crecer el empuje, por eso los barcos cargados se sumergen más. ¿Cuánta carga podemos incorporar a nuestro barco? Eso depende... Debemos tener en cuenta que el propietario de los barcos (que normalmente está en tierra) desea llevar el máximo flete posible para aumentar las ganancias, aunque los que van a bordo igual no están muy de acuerdo con eso. Una carga excesiva significa más problemas si la mar se endurece, menos seguridad en la navegación, así que tenemos el eterno conflicto que se plantea entre seguridad y ganancia.

Hasta el s. XIX el nivel de seguridad de los barcos solo dependía de la responsabilidad del dueño, así que se vio la necesidad de legislar al respecto.



Hay que decir que la frecuencia de accidentes graves debidos a un exceso de carga preocupaba, sobre todo, a las compañías aseguradoras: los armadores llenaban los barcos prácticamente hasta la línea de cubierta, lo que desembocaba en frecuentes naufragios.

¿Cómo es posible? ¿No perdían la carga?... Si, la carga, y el barco, y algunas veces vidas humanas, pero el negocio estaba hecho: las pérdidas económicas (las vidas eran irrecuperables, pero eso importaba poco) se veían ampliamente compensadas por el cobro de los seguros contratados, así que Lloyd's Register, una agencia de seguros, estableció las primeras normas pensadas para aumentar la seguridad de los buques.



**Samuel Plimsoll**, inmortalizó su apellido como político del Partido Liberal, aunque inicialmente se dedicó al transporte de carbón.

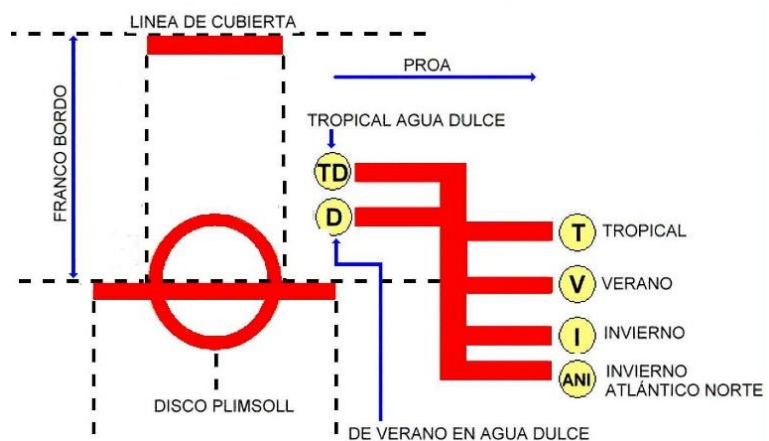
Denunció que cada año se perdían un millar de vidas debido al exceso de cargas en los barcos y la ausencia de medidas de seguridad.

Debía de ser muy convincente porque, a pesar de la oposición de los armadores, que argumentaban que esa regulación iba en contra de su libertad para dirigir las empresas, y de una gran parte de la Cámara de los Comunes, impuso el criterio de que todos los barcos llevaran bien visible **una marca de carga máxima** y, por fin, en 1890, la Ley Británica de la Marina Mercante hizo obligatoria la señalización del disco de máxima carga, conocido desde entonces como **disco Plimsoll**.



**Samuel Plimsoll**  
(1824-1898)

El disco, también llamado **marca de francobordo**, consiste en un círculo partido en su centro por una línea que establece el máximo calado que el buque puede presentar en la mar, a una latitud media, y por el verano. Después, por arriba y por debajo de esta línea de referencia se



disponen más líneas formando una especie de “peine”. En la zona superior se marcan líneas para aguas más calientes o dulces y por debajo para aguas frías. ¿Por qué razón?

Imaginémonos un barco cargado con su carga máxima en Cardiff (latitud media). ¿Qué ocurrirá si navega por aguas más frías? El agua más fría tiene una densidad más alta y el empuje será mayor, por lo cual se hundirá menos y la línea de seguridad quedará ahora por debajo de la de referencia.

Si, por el contrario, navega por aguas más calientes o dulces, que tienen una menor densidad, el empuje será menor y el barco se hundirá más.

$$d = \frac{m}{V}$$

Mayor en aguas saladas. Mayor densidad.  
Menor en aguas dulces. Menor densidad.

Aumenta con T. Menor densidad.  
Disminuye con T. Mayor densidad.

El disco Plimsoll garantiza, por tanto, que no se sobrecargue el barco por encima del nivel que se considera seguro y, además, permite adaptar la medida (con la inestimable ayuda de Arquímedes) a las distintas aguas.

## Si quieres limpiar... ¡usa ceniza!

- ✓ Grasas
- ✓ Hidrólisis
- ✓ Detergentes



“*Semejante disuelve a semejante*” es un aforismo muy usado en química. Las moléculas de agua tienen carga eléctrica, así que disolverán compuestos con carga, como son las sales, y no disolverán aquellos otros que carecen de ellas, como las grasas.

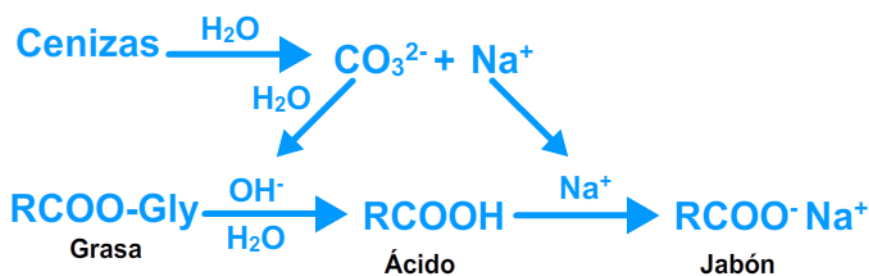
Esto podría ser un inconveniente. Muchas de las manchas que pretendemos eliminar de nuestras ropas son de sustancias grasas... pero ¡lavamos con agua!

La química, una vez más, nos echa una mano para resolver esta, aparente, contradicción. ¿Cómo lograr que el agua disuelva esas sustancias que se caracterizan por no tener cargas en sus moléculas?

Sabiendo el final de la película la respuesta parece evidente: hay que conseguir unir el ying y el yang, lo blanco y lo negro, lo cargado y lo neutro.

Imagínate que tienes un excedente de grasa animal y que se te ocurre añadirle agua caliente y echar un puñado de ceniza. Después de enfriar la mezcla obtendrás una sustancia sólida. Si con un trozo de ella frotas una de tus prendas manchada con grasa, verás que se forma una espuma y que la mancha desaparece cuando la aclaras con agua.

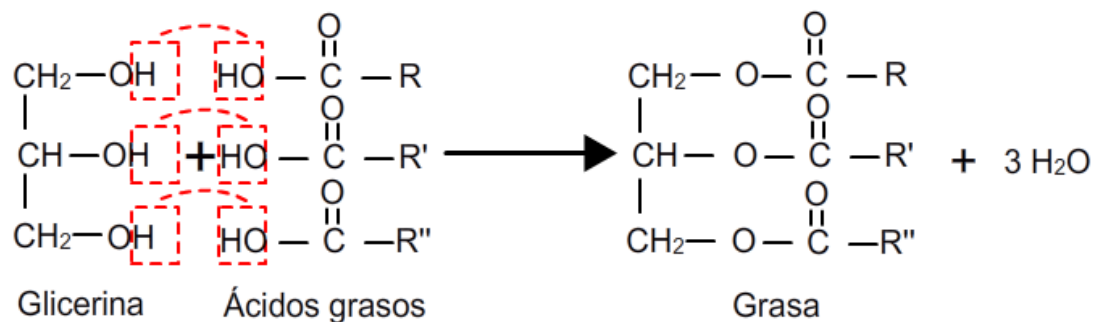
Has elaborado un jabón. Un químico te diría que has saponificado una grasa. Sencillamente explicado: cuando quemas madera, por ejemplo, quedan como residuo en las cenizas compuestos de sodio, fundamentalmente carbonatos. Cuando mezclas estas sales con una grasa y agua caliente, reaccionan y forman lo que se llama un éster, una molécula alargada que en la cabeza tiene cargas y el resto es neutro.



La parte neutra se une a la grasa de la mancha y la parte cargada a las moléculas de agua, permitiendo así que el agua arranque la grasa del tejido.

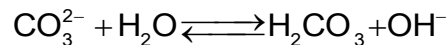


Las grasas (triglicéridos) son ésteres del propanotriol, o glicerina, que con agua caliente, en medio básico, se rompen dando los ácidos orgánicos.



Si los ácidos grasos son saturados obtenemos grasas saturadas, como las de origen animal, normalmente sólidas. Si son mono o poliinsaturados, obtenemos las grasas líquidas o aceites.

El ion carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ , al tener una hidrólisis básica, proporciona el pH adecuado.



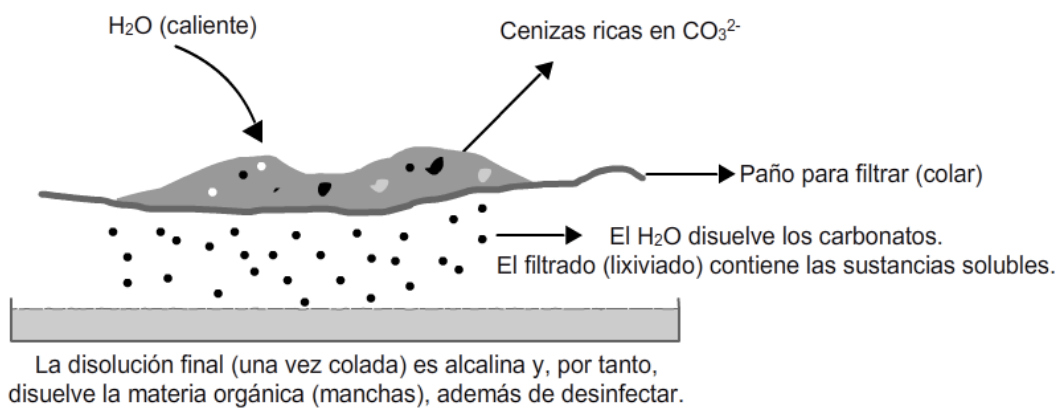
Asombroso ¿verdad? Lo es, a diario convivimos con pequeñas maravillas en las cuales, por ser tan cotidianas, no reparamos.

¿Quién fue el primero al que se le ocurrió hacer jabón? ¿Por qué después, una vez saponificada la grasa, se le ocurrió utilizar el producto para lavar una prenda?

Ni idea, nadie lo sabe... existe una especie de leyenda según la cual los romanos se dieron cuenta de que cuando lavaban sus ropas en las aguas cercanas al monte Sapo (que no se sabe muy bien dónde estaba, probablemente cerca de Roma) éstas quedaban más limpias, sin rastro de las machas de grasa. En los altares del monte se efectuaban ofrendas de animales, y su grasa, mezclada con las cenizas de las hogueras, formaba jabón que era arrastrado por la lluvia a los arroyos próximos. Las prendas lavadas en ese agua quedaban libres de manchas.

Pero, no solo jabón, con ceniza podemos obtener lejía y, de paso, saber el porqué de la expresión “*hacer la colada*”, pues cuando se *hacía la colada* no había lejía, pero las manchas en las ropas siempre existieron y nuestros ancestros volvieron a recurrir a la ceniza para lavar y blanquear la ropa.

Colocaban las cenizas sobre una tela y vertían agua caliente sobre ellas logrando que los carbonatos se disolvieran. Estos, como ya sabemos, al sufrir hidrólisis, daban lugar a una disolución básica que *se colaba* con la propia tela para separarla de los residuos sólidos. El lixiviado (de *lixivia* deriva la palabra lejía) debido a su pH básico disolvía las manchas de grasa a la vez que desinfectaba.



Hoy día la industria de los detergentes: aniónicos, catiónicos, no iónicos y zwitteriónicos, segmentados en productos de limpieza para la ropa o para el hogar; para lavar platos; reactivos biológicos y otras aplicaciones, se ha sofisticado enormemente. Los jabones o detergentes lavan cada vez más blanco y, si no, se procuran que tú lo veas más blanco, añadiendo blanqueadores ópticos o sustancias que absorben la luz azul y son capaces de emitirla después, dando así una sensación de blancura que ya proporcionaba el “azulete” en los años sesenta. Y es que ya se sabe: “en este mundo traidor, nada es verdad ni mentira, todo depende de la longitud de onda de la luz con que se mira”.



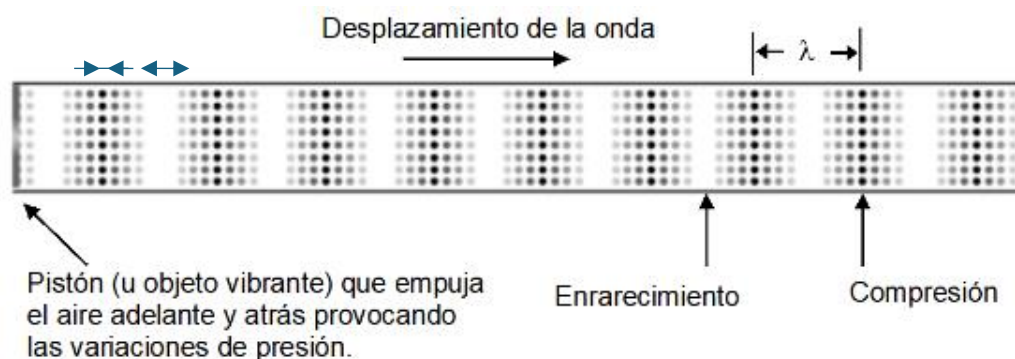
Azulete usado para “blanquear” la ropa

## El sonido, una velocidad muy variable

- ✓ Velocidad del sonido
- ✓ Número Mach
- ✓ Ondas sísmicas



Cuando algo vibra esa vibración se transmite al aire originando una onda sonora que podemos percibir cuando choca con nuestro tímpano. Es una onda de presión originada por el movimiento de porciones de aire. El desplazamiento adelante y atrás provoca zonas en las que el aire se acumula, haciendo que la presión sea máxima (puntos negros), y otras en las que se produce una presión negativa, zonas de depresión o enrarecimiento (espacio en blanco). La perturbación se produce en la misma dirección que la onda se propaga. Es una onda longitudinal.



Las ondas sonoras, por tanto, son ondas materiales, ya que necesitan el aire (u otro medio elástico) para su propagación y, en consecuencia, no se pueden propagar en el vacío. Esta necesidad de un medio material motiva que su velocidad dependa, y mucho, de las propiedades del medio. Por ejemplo, si nos imaginamos una cuerda tensa (medio de propagación) y una ondulación que se transmite por ella (onda), la velocidad de propagación viene dada por la expresión:

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Tensión de la cuerda  
 Densidad lineal (kg/m)

En el numerador aparece un factor que podemos asociar con la capacidad mecánica del medio para propagar la onda y en el denominador otro relacionado con la masa o inercia. Cuanto mayor sea el numerador más velozmente se propagará. Si aumenta la inercia la velocidad se ralentiza.

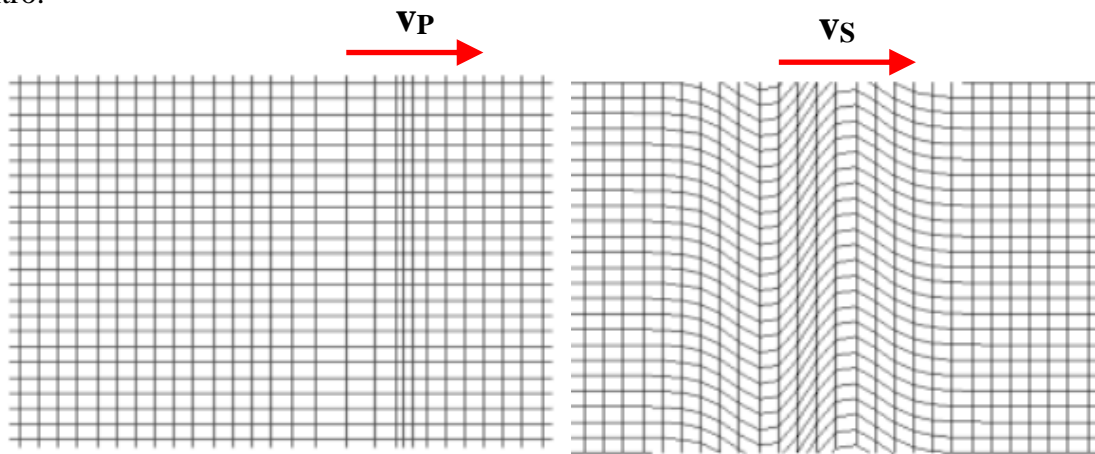
Análogamente, la velocidad del sonido depende de la rigidez del medio y de su masa. La primera viene medida por un coeficiente (módulo de rigidez) que mide la fuerza necesaria para producir una deformación (mayor velocidad en medios rígidos, incompresibles) y la segunda, por la densidad.

De forma general, el sonido se propaga más rápidamente en los sólidos que en los líquidos, y en estos más rápido que en los gases, porque aunque la densidad disminuye en el sentido sólido>líquido>gas el módulo de rigidez es mayor en los sólidos que en los líquidos o los gases y compensa la disminución de densidad.

### Velocidad en sólidos

Cuando el sonido se propaga en un sólido, además de la onda longitudinal (cuya oscilación va en la dirección horizontal, por ejemplo), aparece una onda secundaria con una oscilación perpendicular a la dirección de propagación (onda transversal).

La onda longitudinal o primaria (P) se propaga más rápido (4 a 7 km/s) que la transversal o secundaria (S) (2 a 5 km/s). Las ondas secundarias no se propagan en líquidos. En los terremotos son las ondas secundarias las responsables de los daños más importantes y la diferencia de tiempo entre las ondas P y las S se utiliza para calcular la distancia al epicentro.



Ondas P (izquierda) y S (derecha) en un sólido  
Fuente: Wikipedia

$$V_{\text{sol}} = \sqrt{\frac{E}{d}}$$

Módulo de Young (Pa)  
 Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

#### Velocidad del sonido (m/s) (sólidos)

Madera: 3700  
Hormigón: 4000  
Acero: 6100  
Aluminio: 6400

Fuente: Wikipedia

### Velocidad en líquidos

$$v_{liq} = \sqrt{\frac{K}{d}}$$

● — Módulo de compresibilidad (Pa)  
● — Densidad

### Velocidad del sonido (m/s) (líquidos)

Agua dulce: 1480  
 Agua de mar: 1540  
 Etanol: 1160

Fuente: <https://bit.ly/3ZYXzDJ>

La diferencia de velocidad entre el agua dulce y la salada (mayor densidad) se debe a que en el caso de esta última el aumento en el módulo de compresibilidad compensa el aumento de densidad.

Los gases disueltos afectan a la velocidad del sonido en los líquidos.

### Velocidad en gases

Como la velocidad de propagación es inversamente proporcional a la densidad, la velocidad es mayor en los gases más ligeros como helio o hidrógeno.

En los gases la velocidad también varía con la temperatura, la presión o la presencia de vapor de agua.

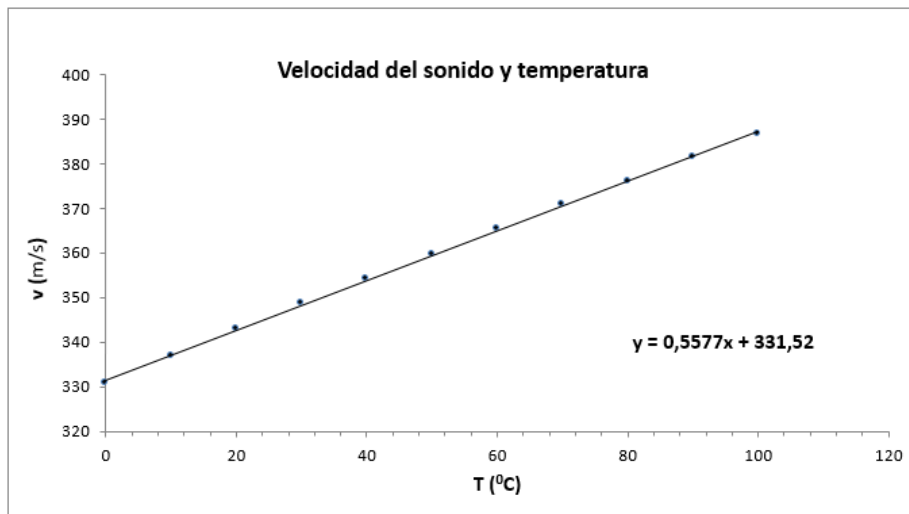
### Velocidad del sonido (m/s) (gases)

Hidrógeno: 1290  
 Helio: 965  
 Aire: 331  
 CO<sub>2</sub>: 259

Fuente: [Home - LibreTexts Español](#)

Ciñéndonos a la velocidad en el aire podemos decir que es independiente de la frecuencia del sonido. El aire es un medio no dispersivo.

La dependencia con la temperatura es considerable:



(Ver experiencia con laboratorio virtual en: [FisQuiWeb. ActividadesSinLab](#))



La ecuación que relaciona velocidad del sonido en el aire (en m/s) con la temperatura en  $^{\circ}\text{C}$  ( $T_c$ ), es:

$$v = 331 + 0,6 T_c = v_0 + 0,6 T_c$$

Donde  $v_0$  es la temperatura de propagación a  $0^{\circ}\text{C}$  (331 m/s).

La velocidad del sonido en el aire aumenta 0,6 m/s por grado.

También depende, aunque menos, de la presión:

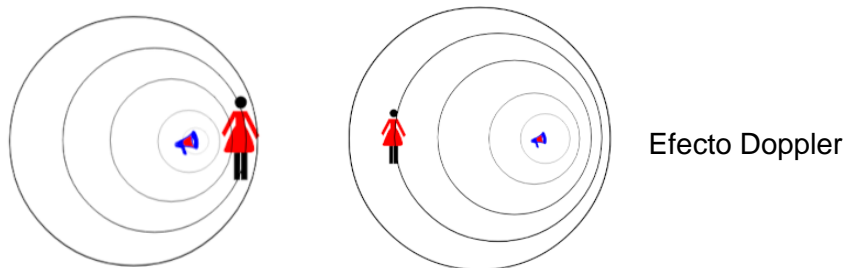
$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{d}}$$

Coeficiente dilatación adiabática (1,4 para el aire)  
 Presión (Pa)  
 Densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

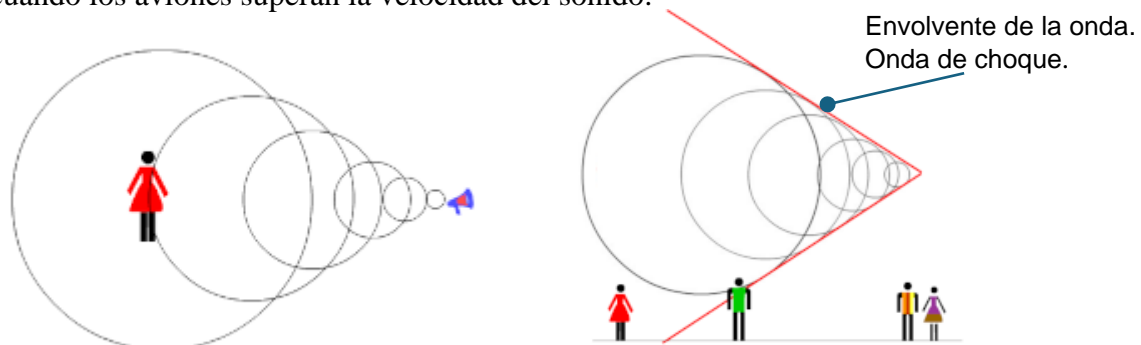
Hay que tener en cuenta que si la presión aumenta disminuye el volumen y, en consecuencia, aumentará la densidad, de forma que ambos efectos pueden compensarse.

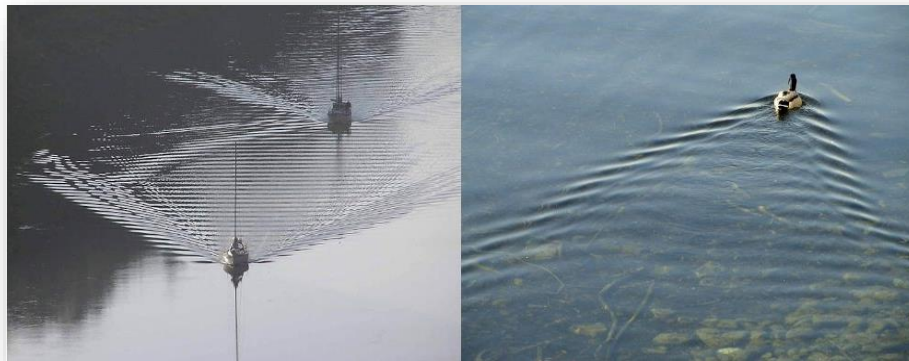


Cuando la fuente del sonido se mueve los sucesivos frentes de onda se van comprimiendo delante y separando detrás, de tal forma que se percibirá una frecuencia mayor (tono más agudo) que la emitida, cuando la fuente se acerque (fig. izda.), y más pequeña (tono más grave) cuando se aleja (fig. dcha.), lo que se conoce como “*efecto Doppler*”.



Cuando la fuente que emite las ondas viaja más rápido que la onda, se forma un frente cónico (cono de Mach). Si la onda es sonora se produce una onda de presión muy elevada que se percibirá como un ruido muy intenso. Es el llamado “estampido sónico” que se oye cuando los aviones superan la velocidad del sonido.





Cono de Mach debido a que el pato nada más rápido que se propagan las ondas producidas en el agua por él mismo.

Como se ha explicado, cuando un avión vuela a una velocidad próxima a la del sonido, los frentes de aire comprimido se concentran en la proa formando una verdadera barrera de aire a presión que parecía infranqueable hasta no hace tanto<sup>4</sup>.

Cuando un avión rompe la barrera del sonido el vapor de agua se condensa formando una nube característica debido a la sobrepresión existente en el cono de Mach,

Curiosamente, el piloto del avión no escucha el estampido sónico producido, ya que al viajar más rápido que el sonido, la onda no puede alcanzarlo.

El número de Mach<sup>5</sup> (adimensional) es utilizado para expresar velocidades supersónicas y se define como:

$$\text{Mach} \rightarrow M = \frac{v}{v_s}$$

• — Velocidad  
• — Velocidad del sonido

$M < 1$ . Velocidad subsónica

$M = 1$ :  $v = v_s$ . Velocidad transónica

$M > 1$  Velocidad supersónica

$M > 5$  Velocidad hipersónica



Cono de vapor formado al romper la barrera del sonido.  
Fuente: Wikipedia

El número de Mach es muy usado. Para calcularlo se usa como valor de la velocidad del sonido la del medio en el que se mueve el objeto.

---

<sup>4</sup> La barrera del sonido fue rota por primera vez en 1957 por un piloto norteamericano, Chuck Yeager, volando en un avión Bell X-1 a 13 700 m de altitud.

<sup>5</sup> En honor de Ernest Mach (1838-1916) físico y filósofo austriaco.

## J. Kittinger, F. Baumgartner



✓Dinámica

✓Resistencia aerodinámica

“Los cuerpos caen con una aceleración de  $9,81 \text{ m/s}^2$ ”. Esta afirmación te sonará. Todo aquel que haya estudiado Física, aunque haya sido a un nivel elemental, la habrá escuchado. Realmente, para que sea verdadera, habría que poner algunas condiciones: que la resistencia que opone el aire pueda despreciarse (lo que ocurre si el tiempo de caída no es largo) y que la altura desde la que cae no sea tanta que el valor de “g” pueda variar. La segunda condición vamos a obviarla, pues a una altura de unos 30 km sobre la superficie de la Tierra el valor de “g” es solamente un 99,99 % de  $9,81 \text{ m/s}^2$  (esto es,  $9,71 \text{ m/s}^2$ ).



La resistencia aerodinámica que un fluido, como el aire, opone al desplazamiento de un objeto en su seno viene dada por:

$$F = \left( \frac{1}{2} \rho v^2 \right) C_D S$$

Densidad del aire      Velocidad

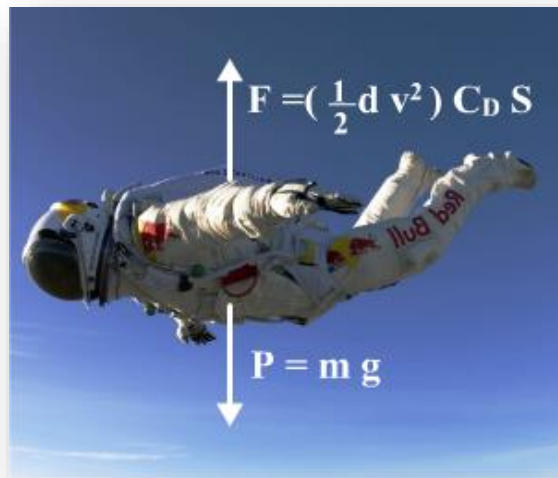
Coeficiente aerodinámico      Superficie perpendicular

El coeficiente aerodinámico depende de la forma del objeto. Formas muy efectivas, aerodinámicamente hablando, presentan una baja resistencia. Por poner un ejemplo, coches con una buena aerodinámica tienen un coeficiente de 0,3 o 0,4.

La superficie es la sección del objeto perpendicular a la dirección del desplazamiento, y entender su contribución es muy sencillo: si sacas tu mano por la ventanilla de un coche en marcha y la sitúas de canto, la superficie perpendicular que presenta al aire es muy pequeña y la resistencia que sientes es baja. Si la sitúas ahora con la palma enfrentada al aire, notarás la diferencia.

Lo más interesante de la ecuación mostrada es que la fuerza de resistencia, llamada también “fuerza de arrastre”, depende del cuadrado de la velocidad, lo que quiere decir que aumenta muy rápidamente cuando un objeto cae sometido a la acción de la gravedad.

Y como la fuerza de gravedad, esencialmente, permanece constante llegará un momento en el que ambas fuerzas se equilibren, entonces la fuerza resultante será nula y la velocidad dejará de aumentar, el cuerpo caerá con velocidad constante, la llamada **velocidad límite**:



$$\left. \begin{array}{l} F_R = \left(\frac{1}{2} \rho v^2\right) C_D S \\ P = m g \end{array} \right\} F_R = P; \left(\frac{1}{2} \rho v_{lim}^2\right) C_D S = m g; v_{lim} = \frac{2 m g}{\rho C_D S}$$

Los paracaidistas que practican caída libre (skydiver) conocen esto. La velocidad límite está en unos 200-250 km/h y los saltadores modifican su posición (situándose paralelos al suelo o cabeza abajo), para variar S, con el fin de variar su velocidad de caída. Los saltos se realizan desde unos 4000 m y después de aproximadamente un minuto de caída libre, abren el paracaídas a unos 1500 m.



Los saltos desde grandes altitudes empezaron a finales de los años cincuenta del s. XX. En esa época los aviones comenzaron a volar a altitudes respetables (unos 12 km), ya en el límite de la troposfera, por lo que era necesario investigar cómo habían de construirse los paracaídas para una eventual situación de emergencia a grandes altitudes.

El **proyecto Excelsior**, desarrollado entre 1958 y 1960 por las fuerzas aéreas de los EE. UU. se dedicó a ello. Uno de sus técnicos, **Francis Beaupre**, llegó a la conclusión de que tenían que emplearse dos paracaídas, uno pequeño, al principio, para estabilizar al paracaidista en su caída (paracaídas piloto), y otro, mayor, que se abriría automáticamente a menor altitud.



Joe Kittinguer

El capitán *Joseph (Joe) Kittinguer* participó en ese proyecto protagonizando los saltos más arriesgados. Subía hasta la estratosfera (unos 30 km), dotado de un rudimentario traje presurizado y en el interior de una góndola sujeta a un globo relleno de helio, lanzándose después para aterrizar en el desierto de Nuevo México.

En su primer salto estuvo a punto de morir, pues el paracaídas piloto se enredó en su cuello y no se desplegó, entrando en una caída con rápidos giros que le hicieron perder el conocimiento. La apertura automática del segundo paracaídas evitó la tragedia.

El 16 de agosto de 1960, saltó desde 30 942 m adquiriendo una velocidad máxima de 988 km/h, aterrizando sano y salvo. Era el salto más largo de la historia y alcanzó la mayor velocidad de un humano en caída libre, próxima a la del sonido (1224 km/h). Adquirir tal velocidad fue posible porque en la estratosfera el aire es muy tenue, con lo que la resistencia aerodinámica es muy baja.



Joe Kittinger en uno de sus saltos

Kittinger había roto barreras, pero había dejado intacta la “*barrera del sonido*”, y ese fue el objetivo de *Felix Baumgartner*, un exparacaidista austriaco.

El día elegido fue el 14 de octubre de 2012 en Roswell, Nuevo México.

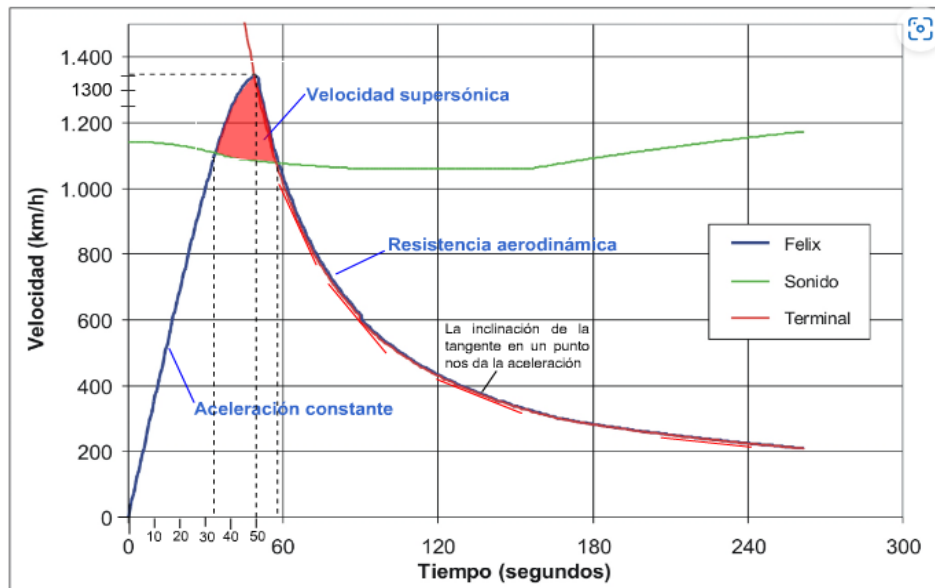
El equipo de Baumgartner determinó que para romper la barrera del sonido debería de saltar desde más arriba, para así aprovechar la casi nula resistencia del escasísimo aire.

Felix subió hasta los 39 000 m (38 969,3 m) en el interior de una cápsula presurizada colgada de un globo de helio. Su imagen con la Tierra a sus pies, instantes antes del salto, forma parte de la leyenda.

El salto fue minuciosamente analizado por el profesor Arturo Quirantes en:

[El salto Baumgartner, paso a paso - Naukas](#)

Esta es una de las gráficas que aparecen en el post con algunos añadidos:



Adaptación de la gráfica de Arturo Quirantes

Observa que en los primeros 50 s la gráfica  $v/t$  se corresponde con una recta de pendiente positiva y constante: un movimiento uniformemente acelerado. La fuerza de resistencia aerodinámica es, prácticamente, nula. Solo actúa la fuerza de gravedad. Como resultado, la velocidad aumenta hasta un máximo de unos 1350 km/h (1342 km/h, Mach 1,24) a los 50 s de iniciado el salto. El Mach 1 se alcanzó a los 33 s, a una altura de 27 420 m (corte con la línea verde que da la velocidad del sonido), y estuvo a velocidad supersónica durante unos 25 s. ¡La barrera del sonido era superada por primera vez por un humano sin ayuda de ninguna máquina!



Felix Baumgartner a punto de iniciar su salto en 2012

A continuación la pendiente de la tangente o aceleración (líneas rojas superpuestas) cambia a valores negativos cada vez menores. Empieza a decelerar debido a la aparición de aire más denso.

Después de 4 min y 19 s de caída libre (259 s) se alcanza la velocidad límite de unos 200 km/h (a 1600 m) y se despliega el paracaídas para iniciar el aterrizaje.

Dos años después (24 de octubre de 2014), **Alan Eustace**, vicepresidente de Google, intentó batir el récord de Baumgartner lanzándose desde 41 425 m. También alcanzó la velocidad supersónica (1322 km/h), pero, por poco, la marca del austriaco no fue batida.



## Un agujero en el tejado



- ✓ Ozono
- ✓ Química de la atmósfera

Pedro Duque, astronauta español, viajó dos veces al espacio y vivió en la estación espacial. A la vuelta de su primer viaje le preguntaron qué era lo que más le había impresionado. Duque respondió sin dudar:

—La extraordinaria delgadez de la atmósfera terrestre.

A nosotros la cantidad de aire situado sobre nuestras cabezas nos parece inmensa, pero si hacemos números y pensamos en ello, seguramente podremos entender la afirmación de Pedro Duque.

Nuestro planeta tiene un radio aproximado de 6400 km, y la parte más densa de la atmósfera, apenas 100 km. A escala, esto equivale a una cinta de 2 mm de espesor pegada sobre un balón de baloncesto.



Duque quedó impresionado por la extremada delgadez y fragilidad de esa fina capa azulada que rodea a nuestro planeta y sin la cual sería imposible la vida.

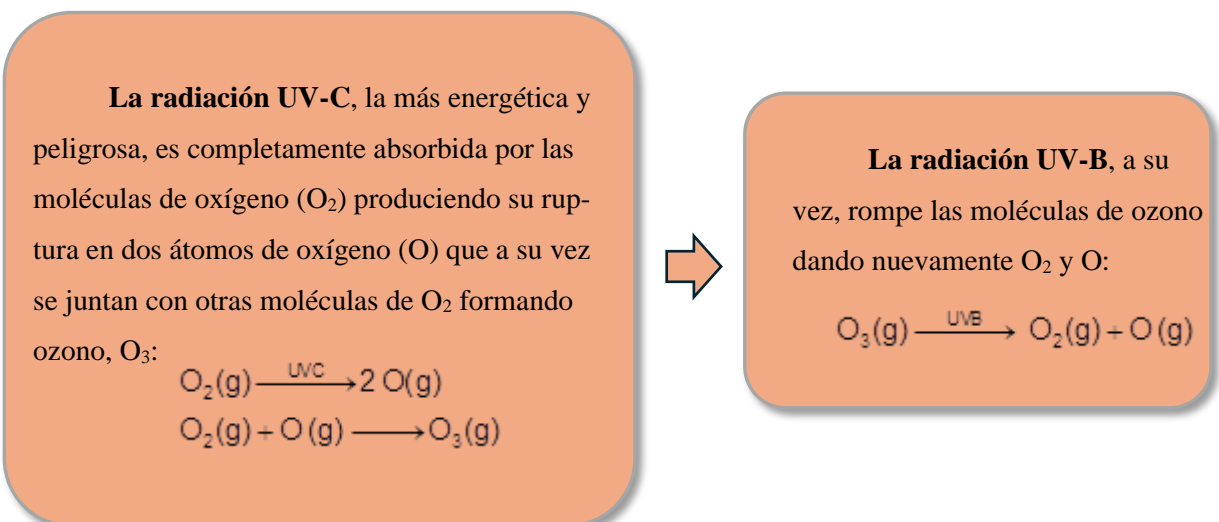
Todo el mundo puede recitar de memoria las capas de la atmósfera: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera y exosfera. En la primera, con un espesor medio de 12 km (lo que equivale en la escala del balón de baloncesto a un grueso de 0,2 mm), se concentra el 80% del aire; ahí se desarrolla nuestra vida, vuelan los aviones y se producen todos los fenómenos climáticos a los que estamos acostumbrados, más arriba la cantidad de aire decae dramáticamente.

Se dice que un buen modelo para entender cómo se distribuye el aire en la atmósfera es coger uno de esos muelles de juguete (ver figura), situarlo verticalmente sobre una mesa y estirarlo hacia arriba. Veremos que en la parte de abajo se agrupan las espiras y, a medida que vamos hacia arriba, al estirarse, aparecen más espaciadas. Algo similar ocurre con el aire en la atmósfera.



En la estratosfera está la llamada **capa de ozono**, un verdadero escudo que nos protege de la radiación ultravioleta, y es que la luz solar es fuente de vida, pero también podría matarnos.

La luz visible está formada por una mezcla de “luces” que van desde el rojo al violeta. Los físicos las caracterizan por su longitud de onda, que aumenta del rojo (700 nm) al violeta (400 nm). Cuanto más pequeña es la longitud de onda más energética es la luz. Por encima de los 700 nm también hay “luces”, aunque nuestros ojos no las puedan percibir, la radiación infrarroja que asociamos con el calor. Por debajo del violeta está la región ultravioleta que a su vez se divide en: UV-A (400 nm–315 nm), UV-B (315 nm-280 nm) y el UV-C (280 nm-100 nm). La exposición al ultravioleta B y C puede causarnos serios problemas: cánceres de piel, cataratas o glaucoma, pero tenemos suerte porque nuestra atmósfera nos protege y elimina toda la UV-C, la más peligrosa, el 95% de la UV-B, y deja que nos llegue la UV-A que nos pone morenos y nos proporciona más beneficios que perjuicios. Esta defensa natural es posible gracias a un conjunto de reacciones químicas que destruyen y forman ozono, y en las cuales la radiación ultravioleta es la gran protagonista. Veamos estos procesos muy rápidamente.





De esta manera, en esta capa, se ha establecido un delicado equilibrio entre el ozono formado y el destruido, lo que garantiza no solo la salud de los humanos, sino también la vida de las plantas, muy sensibles a un exceso de luz ultravioleta de alta energía.

Y en este incesante hacer y deshacer, nuestra vida transcurría plácida y la capa de ozono solamente interesaba a algunos científicos empeñados en comprender hasta el último detalle de la maraña de reacciones que hemos simplificado, pero **en 1985 saltaron todas las alarmas**, cuando se detectó un alarmante adelgazamiento de la capa de ozono situada sobre la Antártida (Polo Sur), que a partir de ahí fue conocido como **“el agujero de ozono”**.

Lo más curioso es que los científicos no se alarmaron ante un alud de mediciones de valores anormalmente bajos, sino por un silencio prolongado e inexplicable del **satélite Nimbus-7**, de la NASA, dedicado a medir la concentración del ozono en la Antártida.

Llamó su atención el misterioso silencio guardado por el satélite, precisamente durante los meses de septiembre y octubre: no había datos en esos meses. El resto del año, incomprensiblemente, funcionaba estupendamente suministrando puntualmente los datos de concentración de ozono.

La cosa ya venía de atrás, concretamente de 1982, cuando un científico japonés, **Sigeru Chubachi**, fue el primero en detectar valores de ozono anormalmente bajos en los meses de septiembre y octubre, pero Chubachi era solo un investigador de a pie y su trabajo no tuvo gran repercusión.

Una vez descartada una posible avería, el misterio fue aclarado. En los programas que controlaban las mediciones existía una instrucción tendente a eliminar los datos incorrectos: se desechaban aquellos que estuvieran por encima o por debajo de unos límites considerados imposibles de rebasar. Algo así como si a la hora de hacer un estudio sobre la velocidad de los coches en una autopista se consideran como erróneos valores iguales o superiores a 1000 km/h o inferiores a 10 km/h, que pueden ser achacables a una equivocación consistente en poner un cero de más o quitarlo.

Reprocesados los datos se vio claramente que durante el mes de septiembre los valores de ozono decaían espectacularmente hasta situarse por debajo del límite inferior considerado. Al terminar octubre los datos se recuperaban hasta alcanzar los niveles considerados normales.

En agosto de 1986 dieciocho científicos, integrantes de la *National Ozone Expedition (NOZE)*, partieron hacia la estación de McMurdo en el Antártico. A finales de octubre la misión llega a su fin y los resultados son comentados en una rueda de prensa vía satélite.

Susan Salomón, la responsable del grupo, resumió en pocas palabras las principales conclusiones de la investigación:

*“Creemos que un mecanismo químico es el principal responsable de la formación del agujero, pero lo que sucede es más complicado de lo que creíamos”.*

Para tratar de completar la investigación se organiza una segunda expedición, la *Airbone Antarctic Ozone Experiment, AAOE*, cuyo principal objetivo era tomar datos en el interior del agujero utilizando aviones capaces de transportar los delicados aparatos.

Tras los vuelos iniciales llegan los primeros datos: la situación era bastante peor de lo que se pensaba, pero las piezas del rompecabezas empezaban a encajar:

Se observa una concentración elevada de *CIO* en las zonas en las que la desaparición era más notoria. También se detectan cantidades apreciables de aerosoles (partículas sólidas en suspensión) en las nubes.

Al final, los investigadores llegaron al establecimiento de un guion creíble:

- ✓ *El cloro*, combinado en compuestos inactivos, es almacenado durante el invierno en el interior del vórtice polar.
- ✓ Por efecto de las bajas temperaturas se forman nubes estratosféricas en las que abundan *partículas sólidas o cristales de hielo*.
- ✓ Las partículas sólidas *facilitan la formación de nuevos compuestos de cloro* fácilmente descomponibles por la luz solar.
- ✓ Cuando llega la primavera *la luz rompe los compuestos de cloro*, sintetizados durante el invierno, provocando la liberación de átomos de cloro muy activos (radicales), que catalizan la destrucción del ozono.
- ✓ Aunque los movimientos de la atmósfera pueden amplificar o rebajar los efectos de los compuestos clorados solo los modulan, no son determinantes.

La adopción de medidas era urgente, pero no sencilla, había que poner de acuerdo a muchos países y, como telón de fondo, Dupont, el mayor productor mundial de CFCs, inició una gran campaña para tratar de demostrar que sus productos no eran los responsables del agotamiento del ozono.

### ¿Qué son los CFCs?

Son gases fabricados a partir de metano o etano en los que algunos de los átomos de hidrógeno han sido reemplazados por cloro, flúor o bromo. Dada su gran estabilidad tienen múltiples aplicaciones: propelentes en los espráis que utilizamos para protegernos del sol (¡qué ironía!), refrigerantes en frigoríficos, disolventes...etc.

Es precisamente su elevada estabilidad la que les permite permanecer en la atmósfera mucho tiempo sin ser degradados y terminan alcanzando la estratosfera, donde la radiación ultravioleta libera los átomos de cloro que destruyen el ozono.

No todos los CFCs son igual de perjudiciales, pero los que contienen cloro y, sobre todo, bromo, han mostrado una particular eficacia en la destrucción del ozono.

A pesar de las dificultades, los políticos lo lograron. El 16 de septiembre de 1987 se firmó en Montreal (Canadá) un acuerdo para el control, producción y consumo de casi cien sustancias para cuya eliminación se establecía un calendario. 2010 fue fijado como fecha tope para reducir a cero el uso de compuestos clorados (halones, CCl<sub>4</sub> y 1,1,1-tricloro etano).

Posteriormente, en 2017, se añadieron los HFC (compuestos hidrofluorocarbonados) que seguían usándose en los aparatos de aire acondicionado y refrigeración. Estos no son tan peligrosos, pero contribuyen decisivamente al calentamiento global.

El acuerdo, conocido desde entonces como el *Protocolo de Montreal*, está considerado como uno de los mayores logros en el campo de la cooperación internacional.

El ozono se ha recuperado a una tasa entre el 1 y el 3 por ciento desde el año 2000 y, a la velocidad actual, el hemisferio norte y el ozono en latitudes medias, se recuperarán completamente en la década de 2030, seguido por el hemisferio sur en la década de 2050 y en las regiones polares para el 2060.

## Mi papá es Albert Einstein

✓Hijos de Einstein

✓Mileva Maric



El hombre que revolucionó nuestra manera de pensar, el que fue capaz de hablar a Newton de tú a tú cambiando nuestra concepción del espacio, del tiempo y de la gravedad, también tuvo una dimensión humana, a menudo oculta tras su monumental obra.

Hablemos de sus hijos, esas personas que pudieron decir aquello de: “Mi papá es Albert Einstein”.



**Mileva Maric** era compañera de estudios de Albert en el Instituto Politécnico de Zúrich donde él ingresó en 1896. La personalidad de Mileva, crítica, progresista e inteligente, debió de cautivar muy pronto a un Einstein molesto con los estudios: “*Había que meterse en la cabeza todo lo que indicaba el programa, tanto si te gustaba como si no*”, y pronto se hicieron novios.

Tras terminar sus estudios en 1900 se inicia un periodo complicado. Sin trabajo, Albert se gana la vida con clases particulares y en la primavera de 1901, el embarazo de Mileva complica aún más las cosas. Un hijo fuera del matrimonio era, entonces, una pequeña tragedia; además, Mileva, nunca fue aceptada por la familia de Einstein. La madre de él, Pauline, pensaba que arruinaría su futuro. Tal vez por eso Mileva se va a finales de año a casa de sus padres, a Novi Sad, en Serbia, mientras que Einstein se queda en Suiza, pues en la oficina de patentes de Berna se había producido una vacante a la que aspiraba.



Mileva Maric en 1912  
Fuente: Wikipedia

En enero de 1902 nace **Lieserl**, la primogénita del matrimonio cuya existencia permanece envuelta en un misterio impenetrable. Hasta 1986 se desconocía su existencia, fue entonces cuando el equipo del *Einstein Papers Project* descubrió y analizó la correspondencia de Mileva. En una de esas cartas, Einstein se interesa por la salud de la niña o por

el color de sus ojos y pregunta que a quién se parece: “*Todavía no la conozco ¡y la quiero tanto!*”. A pesar de ello, parece que nunca conoció a su hija.

Cuando en junio comienza a trabajar en la oficina de patentes de Berna, Mileva se traslada allí con él, pero Lieserl permanece en Serbia con sus abuelos.

El enlace Einstein- Maric tuvo lugar en enero de 1903 y la última noticia que se tiene de la niña es de septiembre de 1903, cuando contrae la escarlatina. ¿Murió Lieserl como consecuencia de la enfermedad? No existe ningún dato que pueda confirmarlo.

**Michele Zackheim**, ha recogido en su libro “*Einstein’s daughter*” el resultado de una investigación realizada sobre el terreno a lo largo de cinco años, llegando a la conclusión de que Lieserl nació con algún tipo de discapacidad (probablemente síndrome de Down) y fue dada en adopción. Con una nueva identidad su rastro se pierde irremediamente.

Mileva vuelve a quedar pronto embarazada de su segundo hijo, **Hans**, que nace en mayo de 1904 y dio, al menos, dos disgustos a su padre. El primero cuando se decidió por los estudios de ingeniería<sup>6</sup>, disciplina en la que tuvo un papel sobresaliente: profesor de ingeniería hidráulica en Berkeley y todo un referente por sus estudios; el segundo cuando se empeñó en contraer matrimonio con Frieda Knech, filóloga, quien no era del agrado de sus padres (la historia se repite).

El más pequeño de los hijos de la pareja, **Eduard**, “Tete”, nace en julio de 1910. Con una salud precaria.

Las relaciones de pareja entre Albert y Mileva empiezan a deteriorarse. En 1914 Mileva decide separarse y se traslada a Munich con sus dos hijos.

Eduard mostró una clara inclinación hacia la literatura, la música o la filosofía, también por la psiquiatría y, tal vez por ello, ingresó en el Politécnico de Zúrich para estudiar medicina. Fue durante estos años cuando empezó a tener problemas mentales, incluso un intento de suicidio en 1930. Tras ser internado en el Hospital Psiquiátrico de la Universidad de Zúrich fue diagnosticado de esquizofrenia en 1933. Las terapias de electroshock a la que fue sometido terminaron agravando su estado, en opinión de su hermano Hans.

Cuando en 1933 Hitler toma el poder en Alemania, Einstein emigra a EE. UU, camino que también seguiría Hans poco después. Solo Mileva permaneció en Zúrich para estar

---

<sup>6</sup> Según Sheldom Cooper “*Los ingenieros son los oompa-loompas de la ciencia*”. Los oompa-loombas son los trabajadores de la fábrica en Charlie y la fábrica de chocolate.

cerca de Tete. A su muerte de su madre, en 1948, Eduard se queda solo, nunca volvió a ver a su padre aunque mantenían correspondencia y Albert Einstein cubría los gastos de estancia y manutención de su hijo, que murió en 1955 a los cincuenta y cinco años de edad.



## Círculos y óvalos

- ✓ Astronomía
- ✓ Ptolomeo
- ✓ Kepler



Si un objeto se mueve siguiendo una trayectoria y conocemos las condiciones iniciales<sup>7</sup>: posición, velocidad y aceleración, podemos saber dónde está en cada momento y que velocidad lleva.

Un movimiento rectilíneo tiene un principio, se inicia en algún lado y, en el mundo real, llegará a un final... muy metafórico, como la vida misma. Un movimiento muy “humano”: empieza y, tarde o temprano, termina. Todo un símbolo.

Si ahora tomamos un segmento por el principio y el final y lo unimos cabeza-cola, lo colocamos sobre un plano y, a continuación, le vamos dando forma cuidadosamente hasta que todos sus puntos estén a la misma distancia de uno que llamaremos “centro”<sup>8</sup>, obtendremos una línea cerrada y plana cuyos puntos están todos a la misma distancia de ese punto. Esto es, **una circunferencia**.

Imaginemos ahora un punto que recorre esa línea con velocidad constante. Trata de determinar dónde empieza y dónde acaba... ¡No hay principio ni final! Eso ya es menos humano, estamos en el territorio de la eternidad, donde el tiempo deja de ser una línea que se recorre de principio a fin, transformándose en un eterno retorno. Por eso, desde muy antiguo (al parecer la idea viene al menos de Platón, 427-347 a. C), el movimiento circular y uniforme se asimiló a la divinidad, al Demiurgo creador y armonizador del universo.

La imagen representa al Ouroboros, el dragón que se muerde la cola. Simboliza la naturaleza cíclica y eterna del universo “desde el Uno hacia el Uno”.



Representación del Ouroboros

<sup>7</sup> Es decir, las que tiene cuando comenzamos a contar el tiempo, cuando apretamos el botón de start de nuestro cronómetro. En “lenguaje ecuación”, datos para  $t=0$ .

<sup>8</sup> La palabra centro, viene del griego κέντρον *kéntron*, que significa “aguijón”, pues era el punto donde se apoyaba la punta del compás para trazar la circunferencia.

Cuando miramos al cielo vemos que los astros, incluido el Sol, se mueven describiendo amplios arcos, por eso es razonable pensar que el creador ha diseñado todo el universo a su imagen y semejanza y, en consecuencia, Sol y estrellas se mueven describiendo órbitas circulares, eso sí, alrededor de la Tierra, que para eso nosotros estamos aquí y somos los preferidos: el centro de todo.

Existe algún problema (siempre hay un pero), y es que unos indóciles astros no se mueven de esta manera. Sus trayectorias no son nada de sencillas, ya que si tomamos como referencia el inalterable fondo de las “estrellas fijas”, vagan errantes hacia atrás y adelante trazando unos misteriosos bucles. Estos auténticos antisistemas del cielo, vagabundos astrales, fueron bautizados como, *πλανήτης*, **planetas** (cuya traducción puede ser “errantes”).

Para colmo de males los planetas son difíciles de ocultar bajo la alfombra, ya que son muy visibles, incluso algunos se muestran como los objetos más brillantes del firmamento, así que había que explicar su extraño comportamiento.

**Claudio Ptolomeo**, en el siglo II, decidió recopilar todo lo que hasta la fecha se sabía de astronomía y de paso explicar los movimientos planetarios de una vez por todas. El gran tratado o *Sintáxis matemática*, en el que recopilaba todo el saber astronómico conocido hasta la época, constaba de trece libros, cinco de los cuales (del 9 al 13) se dedicaban precisamente a estudiar las posiciones y trayectorias de los planetas. Los árabes lo bautizaron como *Al-Majisti* (el más grande), por lo que pasó a la historia como *el Almagesto*, uno de los *best sellers* de la humanidad, pues tuvo plena vigencia hasta bien entrado el s. XVI.

En el Almagesto se explican los bucles planetarios combinando circunferencias (*epiciclos*) cuyo centro se mueve con velocidad constante, sobre otras circunferencias (*deferentes*), centradas en nuestro planeta. El sistema era muy bueno, ya que ajustando las velocidades de los planetas en su epiciclo y la del centro del epiciclo sobre el deferente, se pueden obtener las órbitas planetarias. Incluso se puede explicar el porqué de los cambios de brillo y





tamaño que pueden observarse en los planetas si consideramos que el deferente de cada planeta no está centrado en la Tierra, sino en otro punto más o menos cercano y diferente para cada uno: *el ecuante*.

Por tanto, el cosmos podía describirse a partir de combinaciones de movimientos circulares uniformes. *Era un universo perfecto, eterno e inmutable* que, incluso, componía su propia música, la de los planetas, que al moverse generaban vibraciones, notas musicales, que se componían para dar una música armoniosa: “*la música de las esferas*”.

“*Los movimientos celestes no son más que una continua canción para varias voces (percibidas por el intelecto, no por el oído); una música que... avanza hacia un final prediseñado, casi a seis voces...*” J. Kepler.

Cuando **Kepler** en el s. XVII accede a los precisos datos que sobre la posición de Marte había reunido Tycho Brahe, y descubre que las órbitas de los planetas no son círculos, sino elipses recorridas con velocidad variable, debió de experimentar un horrible vértigo. Abandonaba un universo armónico, sustentado en movimientos circulares y uniformes, imágenes del Supremo Hacedor, para poner a los planetas a describir elipses, óvalos... “*una carreta de estiércol*”, en sus propias palabras. Más de veinte siglos de armonía y música celestial arrojada al cubo de la basura por fidelidad a unos datos.

Kepler terminó *Harmonice Mundi* en mayo de 1618; en la obra se enuncia la Tercera Ley que recoge la relación entre la distancia al Sol y los periodos de revolución de los planetas, la demostración final de que las “*armonías celestes*” implicaban a las elipses.

Constante (de Kepler) depende de la masa del astro central. Para el Sistema Solar  $k = 3 \cdot 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$

Valor semieje mayor de la elipse

$$T^2 = k r^3$$

Periodo de revolución

A diagram showing the equation  $T^2 = k r^3$  enclosed in a rectangular box. Three blue lines with dots at the end point to the variables: one points to 'T' from the label 'Periodo de revolución' below, one points to 'k' from the text 'Constante (de Kepler) depende de la masa del astro central. Para el Sistema Solar k = 3 · 10<sup>-19</sup> s<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>' above, and one points to 'r' from the text 'Valor semieje mayor de la elipse' above.

## Chocolate: azúcar versus flavanoles

- ✓Chocolate
- ✓Flavanoles
- ✓Alimentación



*Nuévalos* es un pueblo de la provincia de Zaragoza situado al SO de la capital maña, muy cerca de Calatayud, donde se encuentra *el monasterio de Piedra*, considerado monumento nacional y Bien de Interés Cultural. Fue durante siglos un monasterio de monjes cistercienses y actualmente alberga un establecimiento hotelero que se publicita como el lugar ideal para desconectar y disfrutar de paz en un paraje de ensueño.

El monasterio nos interesa porque ahí, hace siglos (concretamente en 1534), tuvo lugar un hecho relevante: un fraile, procedente de las Américas, entregó al abad un paquete que el mismo Hernán Cortés le enviaba: *cacao junto con la receta para cocinarlo*. Era, probablemente, el primer cacao que atravesaba el Atlántico.



Monjes preparando chocolate

Fuente: <https://blogdelchocolate.blogspot.com>

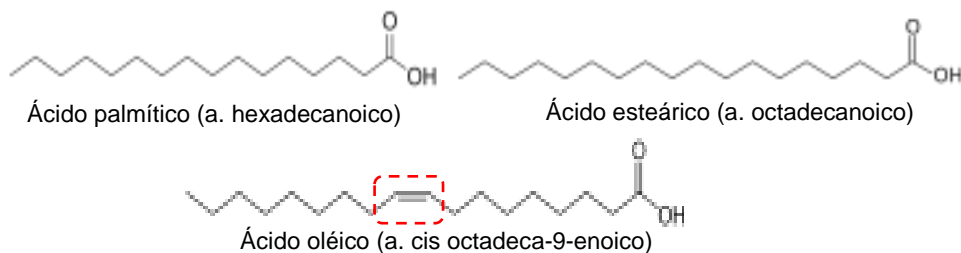
Según se cuenta la bebida, al principio, no tuvo mucho éxito, era bastante amarga y se tomaba fría, pero fueron los monjes los que la adaptaron al gusto nacional: le añadieron azúcar y miel para neutralizar su amargor e hicieron una apuesta segura con la incorporación de la vainilla, un sabor ganador. Además, probaron a servirla caliente y el fracaso inicial se transformó en éxito. Empezaba el camino del chocolate en el continente europeo.

Deberían de pasar bastantes años para que la fabricación industrial hiciera posible el abaratamiento del producto cuyo consumo se popularizó después de la Segunda Guerra Mundial, cuando pasó a formar parte de la dieta de los soldados debido a su elevado valor energético.

Aparte de sus propiedades nutricionales *el chocolate es un verdadero placer para los sentidos*, de ahí que goce de una amplísima aceptación, pero ¿es recomendable su consumo?

Empecemos por lo bueno, por *los componentes saludables*:

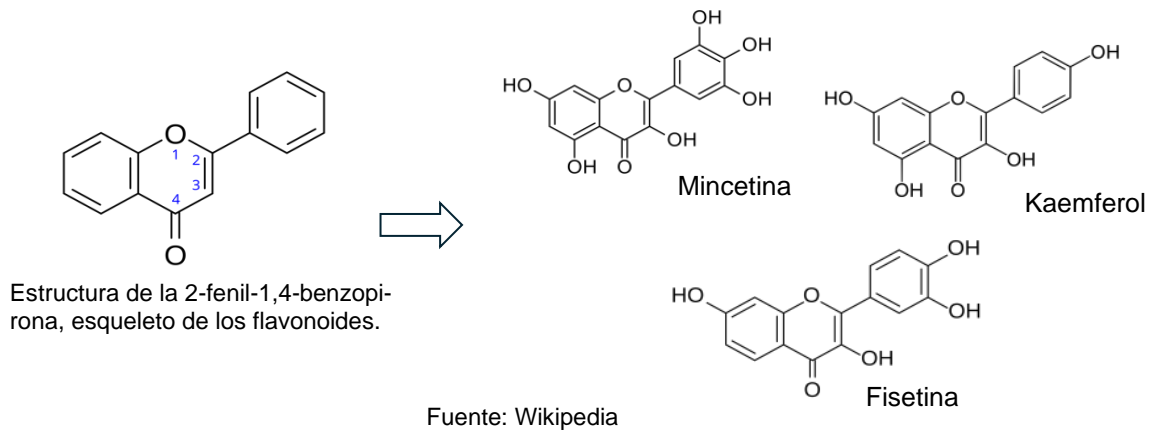
1. **Los ácidos grasos.** Forman parte de la manteca de cacao y son fundamentalmente tres: *el palmítico* (25%), *el esteárico* (33%) y *el oleico* (33%). Los dos primeros pertenecen al grupo de ácidos saturados o “malos” y el tercero es un ácido graso insaturado o “bueno” (es el que tiene el aceite de oliva), pero hay que tener en cuenta que el ácido esteárico cuando se metaboliza termina convertido en ácido oleico, así que la parte grasa del chocolate se considera que tiene un efecto neutro en el nivel de colesterol.



Fuente: Wikipedia

2. **Fibra dietética.** Hablando estrictamente no es un nutriente, pero es muy importante en nuestra dieta ya que regula el tránsito intestinal y mejora los niveles de glucosa y lípidos (grasas) en sangre.
3. **Minerales:** Mg, K, Ca y P, que están implicados en numerosos procesos.
4. **Compuestos estimulantes.** Alcaloides de la familia de las *xantinas* como la *teobromina* o la cafeína (poca). *No son adictivos* como otros compuestos de esta familia y producen un estado de bienestar.
5. **Compuestos antioxidantes.** Son los compuestos que producen los mayores beneficios. *Los fenoles y polifenoles* contribuyen a disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares o degenerativas (Parkinson y Alzheimer), entre otras.

Los polifenoles más abundantes en el cacao pertenecen a la subclase de los **flavonoles** que también se encuentran en el té, las manzanas o las uvas.



De todos los tipos de chocolate el que contiene un mayor contenido en cacao es **el negro** y, en consecuencia, **posee una mayor concentración de flavonoles**.

¿Por qué la “buena fama” de los polifenoles? Durante mucho años se dijo que el beneficio aportado por los polifenoles era **su efecto antioxidante** o neutralizador de los **radicales libres**, moléculas con carencia de electrones que buscan desesperadamente estabilizarse tomándolos de su entorno. En este empeño pueden producir daños irreparables en otras moléculas llegando a destruir las células, proceso conocido como **“estrés oxidativo”**, cuyos efectos se van acumulando, aumentando el riesgo de padecer enfermedades.

El mecanismo según el cual se produce la neutralización de los radicales libres y, por tanto, la relajación del estrés oxidativo, se suponía que era debido a la acción directa de los polifenoles, pero actualmente se sabe que, además, son capaces de intervenir en procesos celulares cuyo objetivo es aumentar las defensas antioxidantes del organismo.

Recordemos que **todos los beneficios expuestos son debidos a las flavonoles** que contiene el cacao, pero es posible que el chocolate que encontramos a la venta no contenga la proporción de cacao suficiente o que la adición de azúcares lo conviertan en un producto no tan saludable como estamos contando.

*“Para nuestra desgracia la mayoría de los chocolates del mercado presentan pequeñas cantidades de cacao y, sin embargo, están cargados de azúcares añadidos y grasas saturadas”.*

**María Ángeles Martín Arribas. CSIC**  
¿Qué sabemos del chocolate?

*¿Cómo deberíamos de consumir el chocolate para que fuera saludable?* Se pregunta la autora de este libro.

Estos son sus consejos:

- ✓ **Vigila la cantidad que consumes.** Ten en cuenta que solamente los chocolates negros *con porcentajes de cacao superiores el 60-70%* pueden tener la cantidad mínima de flavanoles. Aun así, la cantidad contenida puede variar mucho en función del procesado y como actualmente no es obligatorio reflejar este dato en la etiqueta, no tenemos manera de saberlo. Se sabe que oscila entre los 20 y 70 mg/10 g (recomendado 200 mg).

Los beneficios del cacao pueden verse contrarrestados por un exceso de calorías y azúcares, *Podemos situar un consumo moderado/aconsejado en 15-20 g/día.*

- ✓ Un buen consejo es *leerse las etiquetas* para comprobar la cantidad de azúcares y grasas saturadas que contine el producto.
- ✓ *Combina el chocolate con el consumo de frutas y verduras* que son otra fuente de flavanoles.

Conscientes de todo esto *los propios fabricantes están intentando ofrecer chocolates más saludables, incluso enriquecidos en flavanoles.* El problema es el de siempre: la parte placentera, el sabor, se resiente.

Y si te ha tocado la lotería o, simplemente estás forrado y quieres darte un (caro) capricho, puedes pensar en lo que está considerado como el postre más caro del mundo. Se sirve en el restaurante *Serendipity 3*, en Nueva York: una deliciosa (dicen) combinación de veintiocho chocolates procedentes de 14 países y una infusión comestible de 5 g de oro de 25 kilates, todo ello cubierto por una crema batida con más oro y una trufa de lujo suministrada por una exclusiva chocolatería (*Knipschildt*). El precio, unos discretos 25 000 \$ (17 000 €). ¡¡Buen provecho!!



## Física para ganar un Tour

✓ Aerodinámica

✓ Tour 1989



Esta nueva historia comienza con el final del Tour de Francia ... estamos en los Campos Elíseos de París. Es domingo, 23 de julio de 1989. El 76° Tour de Francia llega a su fin, se disputa la 21° etapa, una contrarreloj individual de 24,5 km entre Versalles y París. Los ciclistas llevan en sus piernas más de 3000 km y la situación de la carrera a falta de los 25 km finales es la siguiente:

### Clasificación general al final de la penúltima etapa:



1.º **Laurent Fignon**: 87 h 10 min 48 s  
(ganador Tour años 1983 y 1984)



2.º **Greg Lemond**: a 50 s  
(ganador Tour año 1986)



3.º **Pedro Delgado**: a 2 min 28 s  
(ganador Tour año 1988)

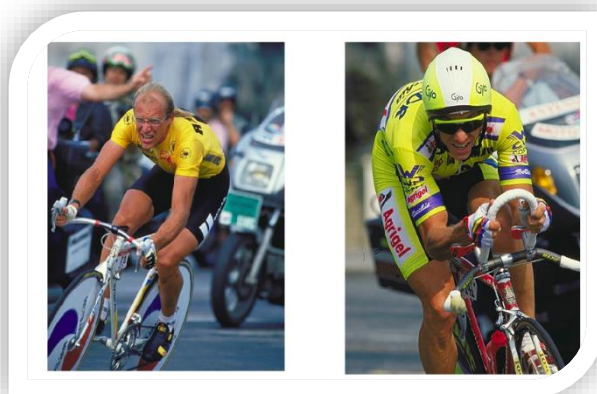
**Laurent Fignon** lidera la clasificación general con un margen que todo el mundo consideraba suficiente, pues era un buen contrarrelojista, a la altura del segundo clasificado, el estadounidense **Greg Lemond**, quien había regresado a la alta competición después de dos años de obligado parón, tras recuperarse de un accidente de caza que a punto estuvo de costarle la vida.

El tercero en discordia, “nuestro” **Perico Delgado**, ganador del Tour de la edición pasada, se había autoexcluido muy pronto, porque en la primera de las etapas, otra contrarreloj individual disputada en Luxemburgo salió a calentar, se entretuvo hablando con otro ciclista y llegó al cajón de salida 2 min y 40 s tarde. Pedro Delgado “redondeó” la jugada en la segunda etapa, una contrarreloj por equipos, en la cual los integrantes del Reynolds tuvieron que esperar varias veces por su líder, un Pedro Delgado a quien los nervios habían impedido conciliar el sueño esa noche, perdiendo al final 4 min y 32 s con respecto al ganador de la etapa. El ganador del tour 1988 empezaba el de 1989 como farolillo rojo de la clasificación general a más de 7 min del líder.



El Tour de 1989, al parecer, iba a hablar francés en un año en el que se conmemoraban doscientos años de la toma de la Bastilla (1789). Después de cinco largos años, un francés volvería a ganar (tras B. Hinault, en la edición de 1985).

Durante la disputa de la contrarreloj la imagen de Laurent Fignon fue, sorprendentemente, cotidiana. Su largo pelo se recogía en una cola que descansaba sobre su espalda y se agitaba en cada curva, con cada ráfaga de aire; una bella imagen para un potencial ganador a quien sus gafas graduadas conferían un tranquilizador aspecto de profesor montando en bici un domingo por la mañana.



Fignon, izquierda, y Lemond, derecha, durante la etapa final del Tour 1989

La imagen de Lemond, por el contrario, era rompedora: maillot perfectamente ajustado al cuerpo, casco y gafas aerodinámicas, rueda lenticular trasera y, sobre todo, un espectacular acople, que ya había exhibido en la 5ª etapa, y que, hasta entonces, solo había sido utilizado por los triatletas en la prueba de ciclismo con el propósito de descansar el tren superior tras la primera de las pruebas, la natación.

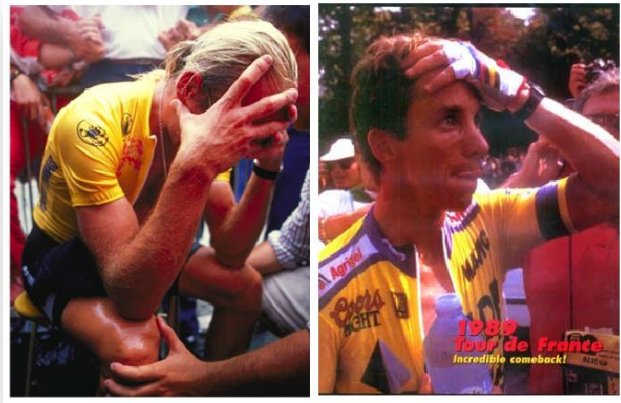
Si nos fijamos en la estampa de Fignon y Lemond observamos que la posición del primero es la convencional: agarrado al manillar de su bicicleta, los brazos separados y bastante erguido. Por el contrario, Lemond, debido al diseño del acople situado sobre el manillar, junta mucho más sus brazos, recoge los hombros y mantiene una posición muy similar a la llamada “*posición de huevo*” que los esquiadores adoptan en la prueba de descenso (no en vano el manillar había sido diseñado por Boone Lennon, entrenador de esquí). Fue el primer ciclista que utilizó el manillar de triatlón en una prueba en línea, el artilugio rozaba la ilegalidad, pero nadie dijo nada al respecto.

Esta fue la clasificación final del Tour 1989 una vez finalizada la 21ª etapa:

Clasificación general final Tour 1989:	
	 1.º <b>Greg Lemond</b> : 87 h 38 min 15 s (ganador Tour año 1986)
	2.º <b>Laurent Fignon</b> : a 8 s (ganador Tour año 1983 y 1984)
	3.º <b>Pedro Delgado</b> : a 3 min 34 s (ganador Tour año 1988)

Parecía imposible, Lemond acababa de ganar un Tour por 8 s. Después de etapas contrarreloj individuales, por equipos, de atravesar los Pirineos y los Alpes, ascender el Tourmalet, Alpe d'Huez o el Galibier... y más de 3000 km recorridos pedalada a pedalada... ¡8 segundos marcaban la diferencia!

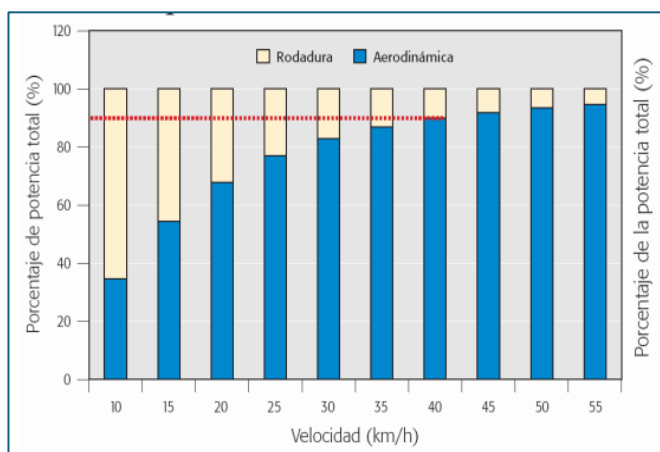
En la etapa decisiva Lemond fue capaz de restar 2,4 s por kilómetro a Fignon... nadie se lo podía creer, Lemond y su equipo estaban plétóricos. Fignon, desolado... y es que, sin quitar mérito al americano, en esa victoria tuvo un papel decisivo la Física.



Cuando un objeto (ciclista) se desplaza en el seno de un fluido (aire), este ejerce una fuerza que se opone al desplazamiento (ver historia sobre Kittinguer y Baumgartner):

$$F = \left( \frac{1}{2} \rho v^2 \right) C_D S$$

Coeficiente aerodinámico  
 Superficie perpendicular  
 Velocidad  
 Densidad del aire



Fuente: Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte". Editorial Médica Panamericana (2008).

Aunque esta fuerza (a veces denominada “de arrastre”) no es la única que actúa es, con mucho, la más importante, ya que para velocidades superiores a 40 km/h el 90% de la resistencia es debida a la fuerza aerodinámica, tal y como se aprecia en la imagen.

La resistencia al desplazamiento aumenta muy rápido con la velocidad, así que, si la velocidad es alta, para mantenerla tendremos que aplicar una fuerza considerable que depende de nuestra capacidad muscular y de la resistencia física, así que



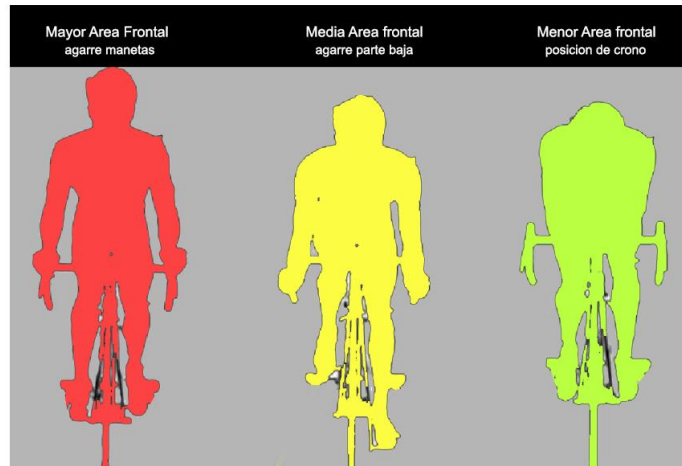
en el equipo de Lemmond debieron de pensar: utilizando el acople de triatlón se puede *disminuir el  $C_D$* , al conseguir una figura mucho más compacta. Sumemos también el uso del casco, gafas aerodinámicas y un maillot ajustado al cuerpo.

El hecho de tener que juntar los codos sobre el acople obligaba a Lemond a recoger los hombros y a presentar una menor superficie, *disminuyendo la “S” de la ecuación*.

La densidad del aire era algo que no se podía manipular. Depende de la presión atmosférica (mayor presión, mayor densidad), la temperatura y la humedad. No obstante, incluso eso se tuvo en cuenta cuando Indurain trató de recuperar el récord de la hora, yéndose para ello al velódromo de Bogotá, situado a una considerable altitud, pues la densidad de la atmósfera disminuye con la altura (menor presión) ... Bueno, además, tenía la ayuda de su “Espada”, una bicicleta cuya aerodinámica había sido estudiada hasta los mínimos detalles y diseñada por el ingeniero de Lamborghini, Marco Giacchi.

Se dice que el tour de 1989 fue el último de aquel ciclismo en el que los corredores competían dejándose llevar por sus sensaciones y sus ganas de atacar en las rampas de los puertos.

El paso al ciclismo del siglo XXI muchos lo identifican con Indurain cabalgando sobre la Espada y trazando la curva de los velódromos con total precisión, sin apartarse un solo milímetro de lo previamente acordado con su equipo técnico.



Fuente: Iván Velasco. <https://www.zikloland.com/aerodinamica-moda-realidad-drag-cda/>



## Huevos fritos, huevos duros

- ✓Huevos
- ✓Proteínas
- ✓Química y cocina



Dicen los antropólogos que el descubrimiento más importante, el más radical, de la humanidad, fue *el dominio del fuego*, porque su utilización supuso la disponibilidad de una fuente de energía que nos permitió realizar cambios fundamentales en los alimentos recolectados directamente de la naturaleza, pasando de ingerir carne cruda a carne previamente cocinada; a hervir las legumbres o a cocinar cualquier otro alimento. Ello originó cambios profundos en nuestra anatomía, pues ya no necesitábamos un tubo digestivo tan largo y unas digestiones tan complejas y la energía consumida en esas tareas se pudo invertir en el crecimiento y complicación de nuestro cerebro o del aparato fonador.

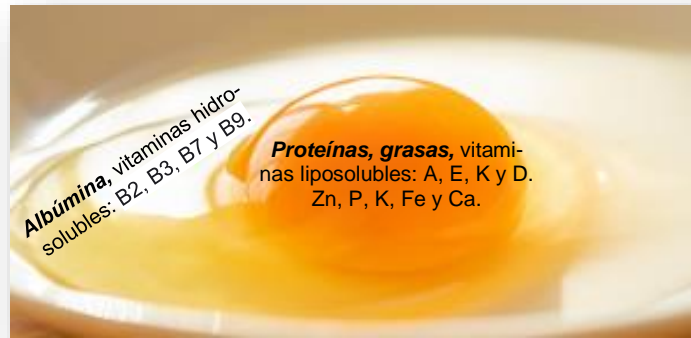
El hecho de tener que dedicarnos a cocinar, también influyó en el reparto de roles: los hombres cazaban y las mujeres cocinaban y cuidaban a los hijos, y como el lugar donde se encendía el fuego estaba agradablemente caldeado e iluminado invitaba a sentarse a compartir experiencias, lo que seguramente influyó en el desarrollo del lenguaje, adquiriendo así unas experiencias comunes y creencias colectivas para explicar lo que estaba fuera de la pura capacidad cognitiva. Son precisamente esas creencias, como dice Noha Harari, las que integran esa red invisible e inmaterial que une a las sociedades y ayuda a crear una identidad propia.

Dicho esto empecemos por algo fundamental en la cocina: *freír un huevo*.

Ahí lo tenemos, en un plato, después de romper la cáscara, mostrándonos claramente la diferencia entre clara, transparente y gelatinosa, y yema, anaranjada y con una mayor consistencia.

Químicamente, clara y yema están formadas por proteínas: polímeros naturales formados por aminoácidos enlazados. La de la clara es *la albúmina*, una proteína soluble en agua, cuya estructura recuerda pequeñas esferas, ya que los hilos de las cadenas de aminoácidos se retuercen en el espacio formando entre ellos otros enlaces más débiles, hasta que la parte hidrófoba queda oculta en el interior. La clara también es rica en vitaminas hidrosolubles, las del grupo “B”: B2, B3, B7 y B9.

En la yema, además de proteínas, hay **grasas** (la mayor parte insaturadas, buenas), de ahí que sea menos densa que la clara, y vitaminas liposolubles (A, E, K y D), además de Zn, P, K, Fe y Ca. Popularmente siempre se creyó que la yema de los huevos era un excelente alimento y la ciencia, como podemos ver, confirma esa creencia.



La yema contiene grasas por eso es menos densa que la clara y flota sobre ella.

Pues... sabiendo lo que hay, hagamos lo que hemos venido a hacer... echamos aceite (no mucho) en la sartén y calentamos.

Algo importante que debemos de tener en cuenta cuando freímos es **no hacerlo a temperaturas altas**. Si el aceite alcanza su “punto de humo” (cuando empieza a humear) se degradará formando **acroleínas** (2-propenal) que son tóxicas para el organismo. Sin meternos en más berenjenales una buena temperatura para freír son **unos 180 °C** y, como norma, no se debe de freír más de dos/tres veces con el mismo aceite. El freír trae consigo que los fritos absorban parte del aceite, por tanto, cuanto más saludable sea este, mejor.

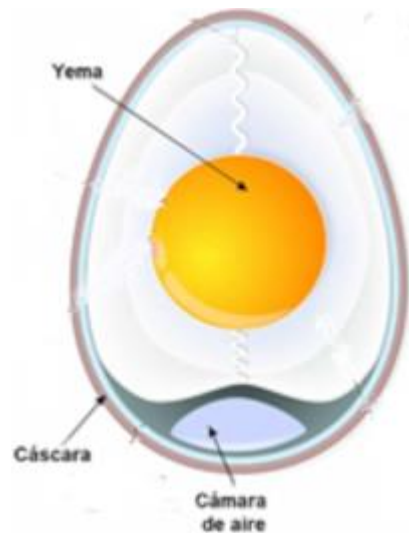
Y como llevamos un rato hablando del aceite, y corremos el peligro de que llegue a su punto de humo, nos apresuramos a echar el huevo en la sartén y ¡voilà!, empieza la danza. Poco a poco, a medida que su temperatura asciende, la clara deja de ser transparente y empieza a solidificarse y volverse blanca, cambios que evidencian que a nivel molecular se están produciendo reacciones químicas. Las proteínas globulares, las pequeñas esferas en las que los aminoácidos se enmarañan, se desmoronan; los débiles enlaces de hidrógeno no son capaces de mantener las cadenas unidas y el “ovillo” se deshace. Los químicos dicen que la proteína se está **desnaturalizando**, pasa de tener una estructura tridimensional (esfera) a formar una especie de red plana, y coagula. Además, se forman algunos compuestos con las grasas del aceite que se traducirán en diversos sabores en nuestra boca.

La yema también sufre cambios, poco a poco, se vuelve más espesa y cremosa. Si seguimos calentando, también se volverá sólida. Sus proteínas también se desnaturalizan y coagulan. Paralelamente, el agua que contienen tanto la clara como la yema, también se evapora con lo que el huevo adquiere mayor firmeza.



Si buscamos una alternativa a la fritura tal vez podríamos considerar *la cocción*, para lo cual hay que calentar, pero no con una grasa como el aceite, sino con agua. Recordemos que el agua hierve (a presión “normal”) a 100 °C y que cuando una sustancia está hirviendo, su temperatura, aunque sigamos calentando, permanece constante. Por tanto, cuando usamos agua, la temperatura que podemos alcanzar es de 100 °C, casi la mitad de la que se alcanza al freír.

Cuando cocemos un huevo lo primero que deberemos observar es su posición al echarlo en el agua. Como su densidad es ligeramente superior a uno, debería hundirse. Si flota es que su densidad es inferior a la del agua, y esto es debido a que se forma una cámara de aire que aumenta con el paso del tiempo. Por tanto, si flota, es un indicativo de que el huevo no es fresco. Si, por el contrario, permanece en el fondo es un indicativo de su frescura.



Al empezar a calentar podremos observar unas pequeñas burbujas que salen de la cáscara, se deben al aire del interior que sale por los poros. Si la cámara interior de aire es considerable, puede ocurrir que el aumento de volumen no pueda ser compensado con el aire que escapa a través de los poros, y el aumento de presión originado puede provocar que la cáscara se rompa. Para evitar esto, hay que empezar a cocer el huevo cuando esté a temperatura ambiente y no recién sacado del frigorífico, para que la variación de temperatura no sea tan brusca.

A medida que la temperatura del agua se va transfiriendo al interior, cuando se alcanzan unos 60 °C, la clara empieza a experimentar los primeros cambios. A esa temperatura es cuando la albúmina comienza a desnaturalizarse volviéndose sólida y blanca. Mientras se está verificando este cambio la clara hace de aislante, ya que absorbe la energía suministrada, impidiendo que el calor llegue hasta la yema, que, de esta manera, permanece

líquida. Una vez coagulada la clara, el calor empieza a llegar a la yema que empezará a solidificar a unos 70 °C.

*Claudi Mans, en su libro Tortilla quemada* comenta, basándose en estos datos, por qué no se puede cocer un huevo en el Everest. Debido a la baja presión existente a 8000 m, el agua no hierve a 100 °C, sino a menos de 70 °C. Por tanto, no se puede alcanzar la temperatura necesaria para que las proteínas de la yema coagulen y esta no endurecerá.

Si nos acordamos de que la densidad de la yema, por su contenido en grasas, es inferior a la de la clara, aquella flotará, tendiendo a situarse en la parte superior del huevo. Si queremos que tras la cocción quede “centrada” nos obligaremos a cambiar la posición del huevo mientras se está cocinando.



Algo que a veces sucede es la aparición de un sospechoso color verdoso que se forma en la zona de contacto entre la yema y la clara. ¿Cómo evitarlo?

El color es debido a la formación de sulfuro de hierro(II). El hierro, como se ha comentado, se encuentra en la yema, y *la cisteína*, uno de los aminoácidos presentes en la albúmina, contiene azufre que se libera en el proceso de cocción dando lugar a sulfuro de hidrógeno, primero, y a sulfuro de hierro, después, lo que tiñe de color verde la superficie exterior de la yema. La forma más sencilla de evitarlo es enfriar el huevo rápidamente para que la reacción (endotérmica) no se produzca.

## Energía, un fantasma que crea el mundo

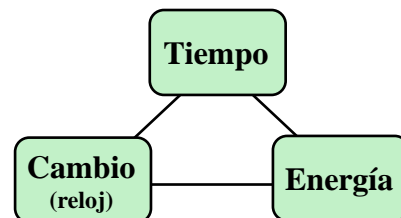
- ✓Energía
- ✓Fuerzas conservativas
- ✓Fuerzas disipativas



A la hora de intentar definir qué es la energía lo mejor es recurrir a voces autorizadas. **Richard Feynman** puede ser una de ellas. En su obra de divulgación “*Seis piezas fáciles*”<sup>9</sup>, dedica uno de los capítulos a la energía y se plantea esa pregunta: *¿Qué es la energía?* Tres páginas más adelante nos encontramos con la respuesta: “*Es importante darse cuenta de que en la física actual **no tenemos conocimiento de qué es la energía***”.

Según Feynman nuestro conocimiento se reduce a saber que existe cierta magnitud, calculable de diversas maneras, que no cambia en los procesos que tienen lugar en la naturaleza. *No sabemos qué es*, solo sabemos que está íntimamente unida a los cambios: “*cualquier cambio requiere energía*”. Afortunadamente, tenemos fórmulas para calcularla y, si al final, sumamos todas las energías implicadas en el proceso obtendremos la energía que teníamos al principio. Es, por tanto, un proceso de suma cero, una manera de expresar el **Principio de Conservación de la Energía (PCE)**: “*La energía no se crea ni se destruye, solamente se transforma*”, una de las leyes físicas más generales y para la que no se conoce excepción. Si empezamos con una cantidad de energía, terminaremos con la misma cantidad, probablemente distribuida en el sistema de manera distinta, pero la misma.

La dificultad para definir la energía tal vez provenga de que es un concepto que necesita la referencia a otros con los que está íntimamente ligado, y esos conceptos no pueden ser definidos sin hacer referencia al de energía. Es lo que el profesor César Gómez López<sup>10</sup> (CSIC) denomina “*Trinidad del tiempo*”: un conjunto de tres conceptos que se definen unos con relación a otros y que presentan una unidad: *energía, tiempo y cambio*.



*Y... es que para percibir el paso del tiempo necesitamos que existan cambios. Si nada cambiara a nuestro alrededor el tiempo dejaría de existir.* Es, precisamente,

<sup>9</sup> Seis piezas fáciles. La física explicada por un genio. Richard P. Feynman. Drakontos Bolsillo. 2008

<sup>10</sup> Conferencia Prof. César Gómez López. Instituto Física Teórica CSIC.

[https://www.youtube.com/watch?v=96XkoB4v\\_dE](https://www.youtube.com/watch?v=96XkoB4v_dE)

recurriendo a cambios periódicos como medimos su paso: fases lunares, oscilación de un péndulo... etc. Pero, ***todo cambio necesita energía***. De esta manera la trinidad tiempo-cambio-energía aparece como algo imposible de separar: tres conceptos entrelazados formando una unidad inseparable.

Si renunciamos a una definición de energía podemos avanzar dando pautas de ***cómo calcular la energía puesta en juego en algunos procesos***:

1. Imaginemos un cuerpo que se mueve con determinada velocidad, puede chocar con otro que está en reposo poniéndolo en movimiento o contra un cristal, rompiéndolo. Puede producir cambios. Por tanto, tiene energía. La energía que poseen los cuerpos en movimiento recibe el nombre de ***energía cinética*** y se puede calcular así:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Podemos ver que ***un objeto en movimiento lleva energía*** que depende de su masa, pero también de su velocidad. Sobre todo, de su velocidad, ya que está elevada al cuadrado.

2. Otro tipo importante de energía deriva del hecho de que estamos inmersos en un campo gravitatorio. Pensemos en un objeto que hemos levantado del suelo. Si lo soltamos, adquiere velocidad. Esto es, energía cinética. Como la energía no se puede crear, hemos de concluir que, por el hecho de estar sometido a la fuerza de gravedad, el objeto ***posee una energía, al menos “en potencia”***, que se transformará en cinética si dejamos que la fuerza de gravedad actúe. Es la llamada ***energía potencial gravitatoria*** que, mientras no nos alejemos mucho de la superficie terrestre, podemos calcularla a partir de la expresión:

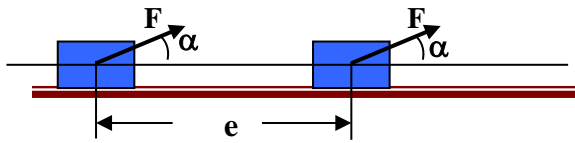
$$E_p = m g h$$

Tratemos, ahora, de relacionar fuerzas y energía.

***Las fuerzas son la expresión de las acciones ejercidas sobre los cuerpos*** y una fuerza, según la segunda ley de Newton, produce cambios en la velocidad. Por tanto, variaciones en la energía cinética. Consecuencia: ***una fuerza es capaz de transferir (dar o quitar) energía***. De esta manera, el efecto de las fuerzas puede verse desde una perspectiva distinta: ***las fuerzas transfieren energía entre los sistemas***.



El PCE, por tanto (como no podía ser de otra manera), sigue vigente. Indiquemos, entonces, la forma de **calcular la energía transferida por una fuerza**, denominada en física **trabajo de la fuerza (F)**:



$$W = F e \cos \alpha$$

**W** = Trabajo de la fuerza F.

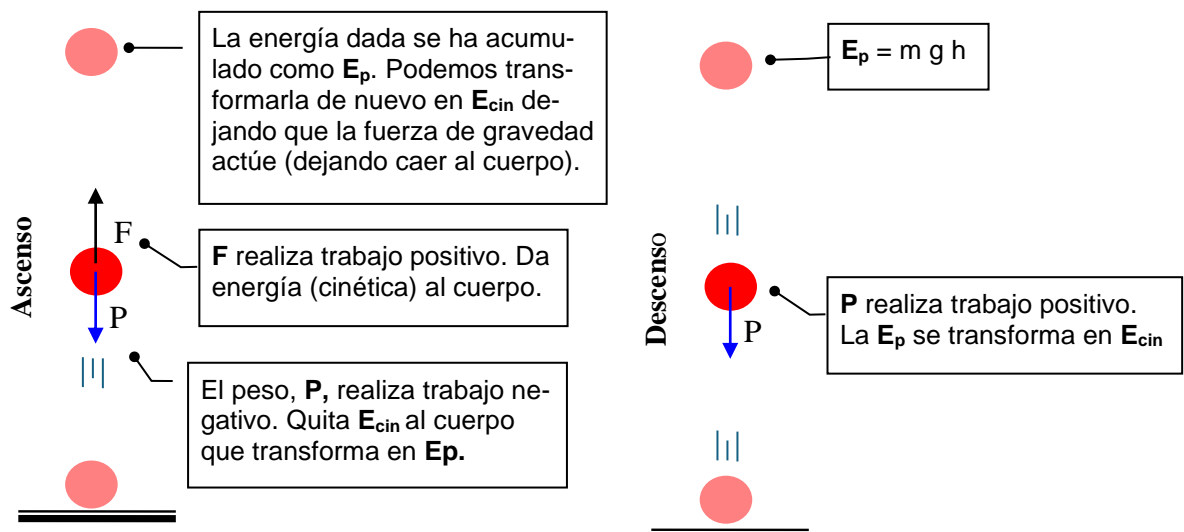
**F** = Fuerza aplicada.

**e** = Espacio recorrido.

**cos α** = Coseno del ángulo formado por la fuerza y el sentido del desplazamiento.

En el caso de que el cuerpo se desplace hacia la derecha y la fuerza apunte hacia la izquierda (por ejemplo, cuando actúa una fuerza de rozamiento), se obtiene un trabajo negativo (ya que  $\cos(180^\circ) = -1$ ), lo que nos indica que en este caso **la fuerza no da energía al cuerpo, sino que se la quita (o que la transfiere del cuerpo a un sistema exterior a él)**.

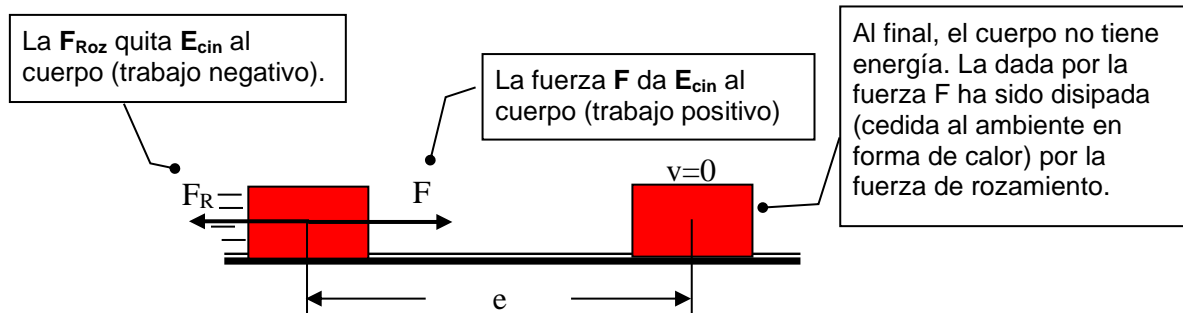
Considerando este aspecto de las fuerzas podemos hablar de dos tipos: unas (por ejemplo, la fuerza gravitatoria) que cuando “se realiza trabajo en su contra” **la energía transferida queda “almacenada” en el cuerpo y se puede recuperar** dejando actuar nuevamente a la fuerza (la gravedad, en este caso). Son las **fuerzas conservativas**. La energía almacenada recibe el nombre de **energía potencial**<sup>11</sup>.



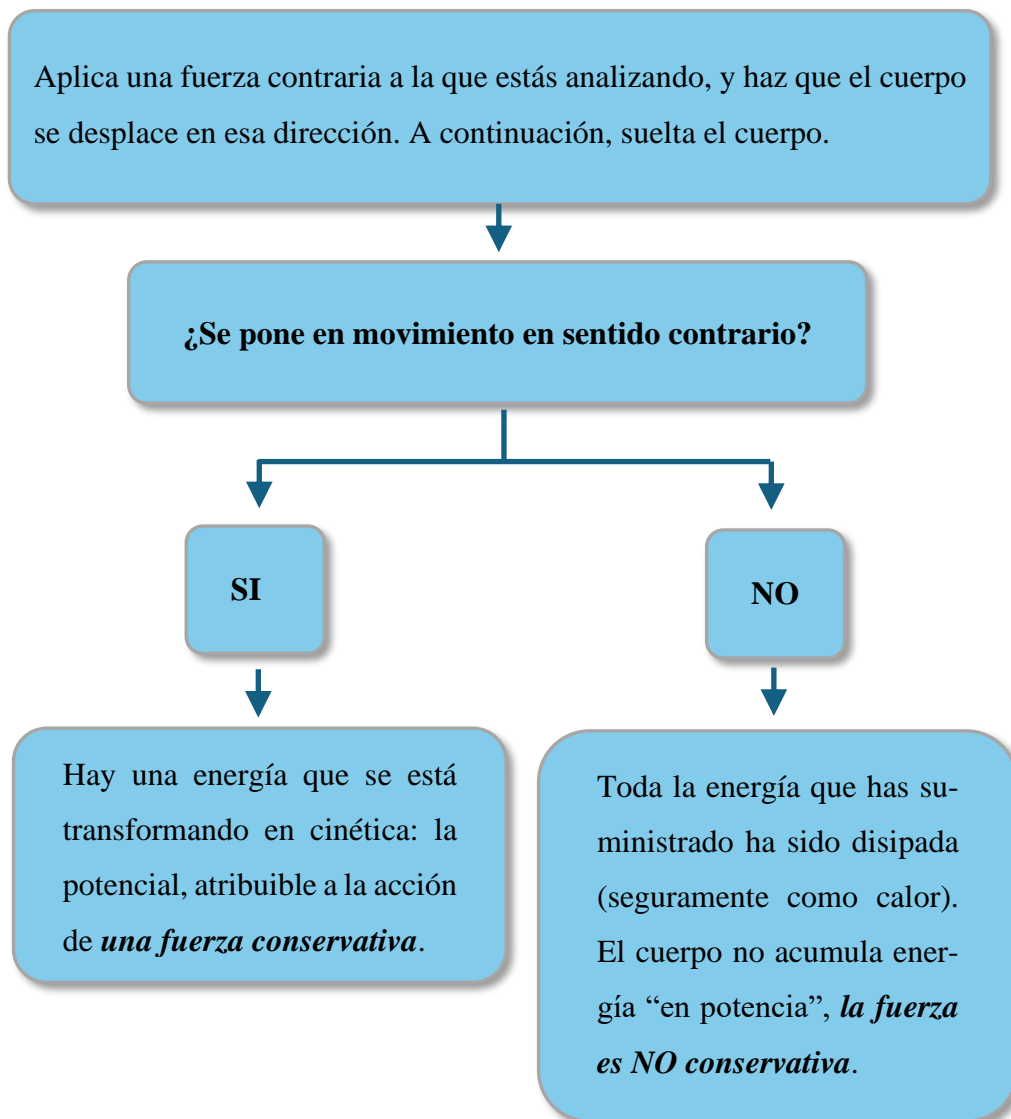
<sup>11</sup> Potencial: “Que no es, no se manifiesta o no existe, pero tiene la posibilidad de ser, de manifestarse o de existir en un futuro. Por ejemplo: un cliente potencial”.



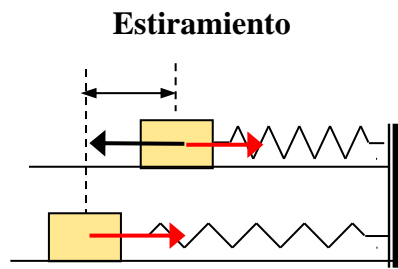
Otras, como la de rozamiento, que cuando se realiza trabajo en su contra, la energía suministrada se pierde irremediabilmente, ya que se transforma en otro tipo (calor) que no es recuperable. Son las llamadas *fuerzas no conservativas o disipativas*.



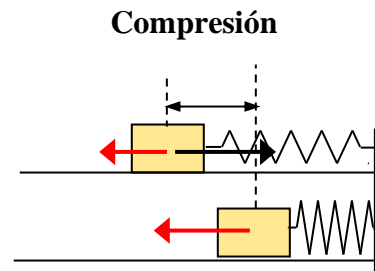
Por tanto, un buen procedimiento para comprobar si la fuerza que estamos considerando es conservativa, puede ser el siguiente:



Veamos, como ejemplo, si la fuerza elástica ejercida por un resorte es conservativa:



El muelle se estira hacia la izquierda. La fuerza elástica (flecha roja) apunta hacia la derecha y realiza trabajo negativo: resta  $E_{cin}$ , que transforma en energía potencial elástica. Si se suelta, la fuerza elástica realiza trabajo positivo y la  $E_p$  se transforma en  $E_{cin}$ .



El muelle se comprime hacia la derecha. La fuerza elástica (flecha roja) apunta hacia la izquierda y realiza trabajo negativo: resta  $E_{cin}$ , que transforma en energía potencial elástica. Si se suelta la fuerza elástica realiza trabajo positivo y la  $E_p$  se transforma en  $E_{cin}$ .

**Una fuerza conservativa transforma  $E_{cin}$  en  $E_p$  y viceversa. La energía total del sistema permanece invariable.**

La energía potencial está, por tanto, íntimamente unida a la existencia de las fuerzas conservativas.

El concepto de energía que aquí hemos mostrado es fundamental en física. Probablemente es un concepto primario del que tengamos que partir.

Los antiguos filósofos proponían la existencia de una matriz invisible e incorpórea que fuera el sostén de la materia visible. Muchos siglos después los físicos proponen la existencia de un campo (el campo de Higgs), un campo de energía, que permea el universo como fuente de la masa, de la materia tangible.

*“Al principio... la tierra era un caos informe, sobre la faz del abismo, la tiniebla ...” (Gen1,1)*

## El agua, una rareza que da vida

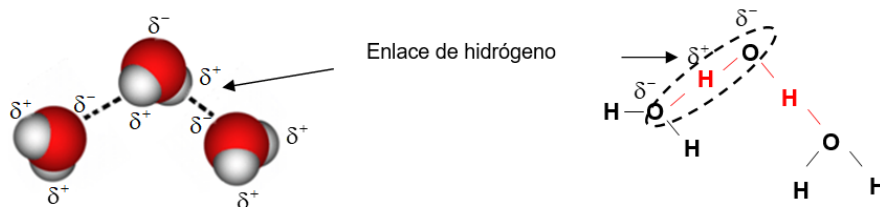
- ✓ Agua
- ✓ Enlaces de hidrógeno
- ✓ Densidad
- ✓ Presión osmótica



Desde el punto de vista químico el agua es una maravilla con propiedades que rozan lo increíble, a pesar de su indudable sencillez: un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno unidos en forma de V, con el oxígeno en el vértice y los hidrógenos formando entre ellos un ángulo de unos  $107^\circ$ .

Los átomos permanecen unidos para compartir electrones, pero el oxígeno muestra una avidez mayor por ellos y “tira” más fuerte del par compartido, de ahí que adquiera una cierta carga negativa y el hidrógeno quede cargado positivamente. Esta separación de cargas incide decisivamente en las propiedades del agua. Veamos:

Debido *a la existencia de cargas positivas sobre los átomos de hidrógeno y negativas sobre el oxígeno*, se establece una atracción entre los átomos de hidrógeno de una molécula y el oxígeno de otra y ambas terminan unidas por un hidrógeno que hace *de puente* (enlace de hidrógeno).



La existencia de cargas hace posible la dilución de iones  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  o  $Ca^{2+}$ , haciendo viable su transporte desde la tierra hasta las raíces de las plantas. Además, la elevada tensión superficial del agua, le permite “trepar” hasta las zonas más altas.

Para convertir el agua líquida en vapor ha de suministrarse una energía suplementaria para romper esos enlaces, por eso *su punto de ebullición es anormalmente alto* comparado con el de otros compuestos similares en los que no existen esos enlaces de hidrógeno. El agua a temperatura ambiente debería de ser un gas, pero su estructura molecular hace que sea líquida, un detalle esencial *para que pueda desarrollarse la vida*.

Que el agua se mantenga en estado líquido entre los 0 °C y los 100 °C es una anomalía. La supervivencia de los seres vivos se sitúa en una franja entre esas temperaturas. A temperaturas bajas o altas la vida se detiene, al menos para la mayoría de los organismos conocidos.

Los científicos, empeñados en cuantificar casi todo, también han estudiado cuánta energía hay que dar a una sustancia para que su temperatura se eleve un grado, es lo que se denomina *calor específico*. El calor específico del agua es anormalmente alto, casi diez veces mayor que el de un metal típico como el hierro. Esto se traduce en que para elevar un grado su temperatura necesita absorber una cantidad considerable de energía. En consecuencia, para enfriarse un grado, liberará también una importante cantidad de energía. De esta manera *se convierte en un excelente acumulador de calor*.

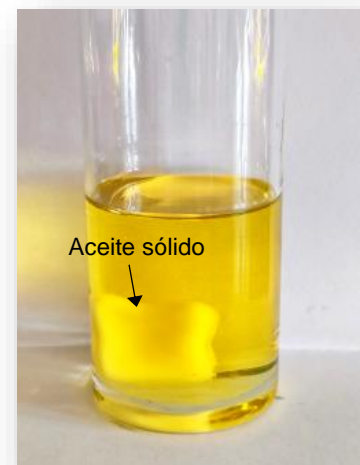
Las grandes extensiones de agua de los mares o los lagos son capaces de absorber cantidades ingentes de energía cuando el calor es excesivo, suavizando así las temperaturas veraniegas en las zonas costeras. Por el invierno, cuando la temperatura baja, ceden calor al ambiente haciendo que el descenso de temperatura en tierra no sea tan acusado. De ahí que las zonas costeras o próximas a grandes lagos no tengan temperaturas tan extremas como las zonas interiores. *El agua funciona como un excelente regulador térmico* variando su propia temperatura en pocos grados.



*Quizás la rareza más espectacular del agua esté en la variación de su densidad con la temperatura.*

El hielo (agua sólida) flota sobre el agua líquida, pero el aceite sólido (por ejemplo) se hunde en el aceite líquido. El que una sustancia sólida flote sobre esa misma sustancia en estado líquido es una rareza, ocurre con poquísimas sustancias, una de ellas: el agua. Expliquemos esta anomalía.

La densidad es una propiedad que mide la masa que hay en un volumen dado. Es fácil darse cuenta de que cuanto más juntos estén los átomos o las moléculas más materia habrá en el volumen considerado y, por tanto, mayor será su densidad.

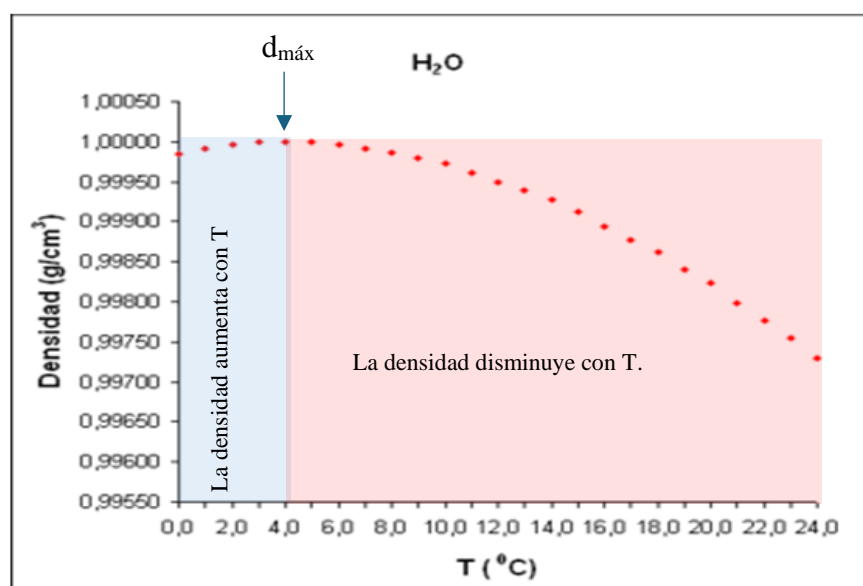


El aceite de oliva sólido se hunde en el aceite líquido.

Normalmente, en los sólidos, los átomos o moléculas están más juntos que en los líquidos... pero en el caso del agua no sucede esto, y todo de a los enlaces de hidrógeno, pues cuando se convierte en hielo aumenta su número, impidiendo que las moléculas se acerquen unas a otras, formándose una estructura muy abierta, con grandes espacios, que hacen que la densidad disminuya.

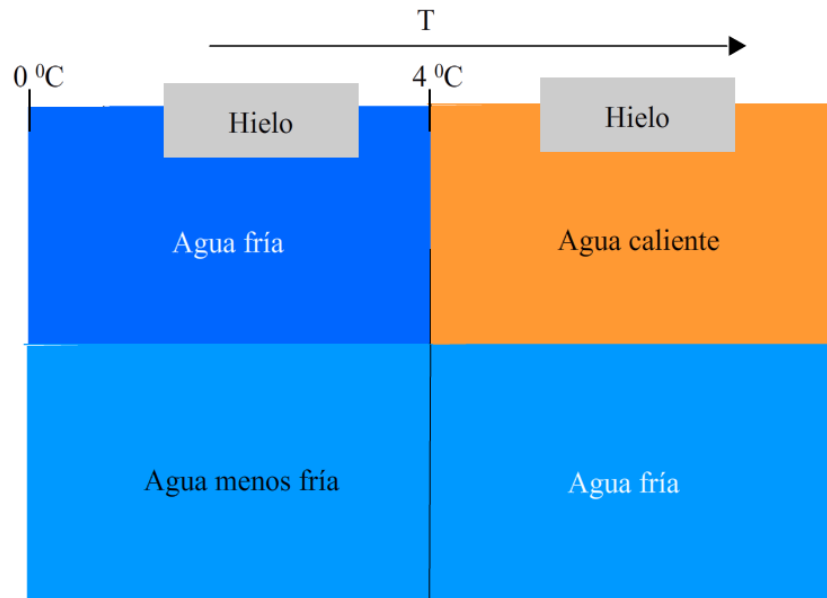
El hecho de que el hielo flote sobre el agua líquida tiene una importancia capital, ya que hace de colchón térmico, impidiendo que la congelación de lagos o mares prosiga hasta el fondo. Así, el agua solo se congela en la superficie y se mantiene líquida bajo ella, haciendo posible la vida, cosa que no ocurriría si el hielo tuviera una densidad mayor que la del agua líquida. Si esto ocurriera, el hielo sólido se iría depositando en el fondo y las aguas situadas encima se llegarían a congelar por completo atrapando a los peces y otros organismos vivos.

Cuando el hielo funde se rompen alrededor del 30 % de los enlaces de hidrógeno, y el agua líquida a temperaturas próximas a 0 °C aún está compuesta por “racimos” de moléculas enlazadas. A temperaturas próximas a los cero grados, podríamos decir que aún persiste parte de la estructura del hielo, pero a partir de determinada temperatura la expansión térmica del líquido es superior a la contracción de volumen, debido a la ruptura de enlaces de hidrógeno. ***El agua presenta una densidad máxima (o un volumen mínimo) a 4 °C.***

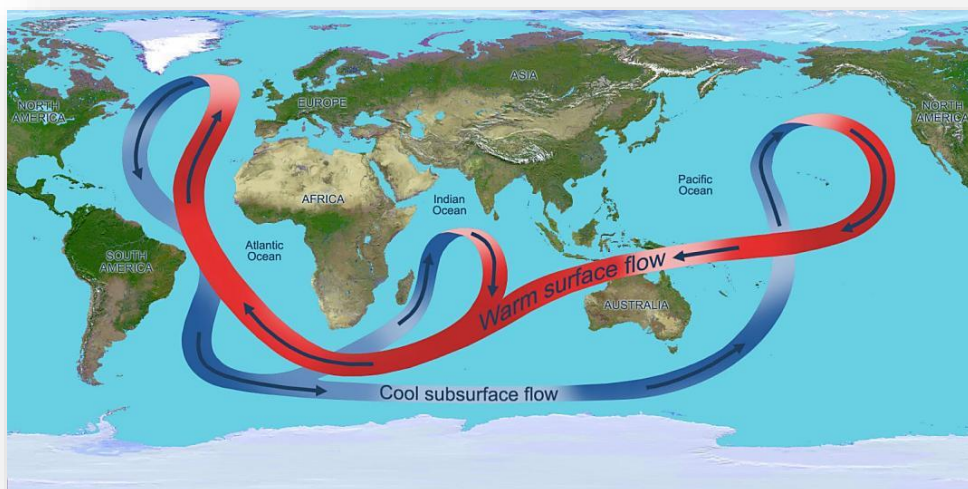


Curva que muestra la anómala variación de la densidad del agua con la temperatura. La razón es la existencia de enlaces de hidrógeno entre las moléculas

Por tanto, hasta los 4° C, la densidad del agua caliente es inferior a la del agua más fría, y flota sobre ella. Sin embargo, entre 4°C y 0°C, la densidad disminuye y, por tanto, el agua fría flota sobre la que está más caliente.



El agua del océano Atlántico se calienta en el Golfo de México y el mar Caribe y flota sobre el agua más fría propiciando una corriente de agua cálida que asciende hasta el Océano Ártico, templando las costas orientales de los EE. UU y las occidentales de Europa. Esto, asegura un clima mucho más cálido que el que le correspondería a nuestro continente por la latitud a la que se encuentra. Cuando en el norte se encuentra con aguas más frías, se sumerge y regresa por el fondo hacia el sur.



Fuente: <http://información.es>

La corriente cálida que asciende por el Atlántico (llamada Corriente del Golfo) es la responsable de que multitud de especies marinas suban desde latitudes meridionales hacia el norte dando lugar a toda una cultura e industria pesquera que, al final, depende de algo tan básico, y tan raro, como la anómala variación de la densidad del agua con la temperatura. Realmente, la Corriente del Golfo forma parte (ver figura) de un ciclo mayor que regula la temperatura de los tres grandes océanos: Atlántico, Índico y Pacífico.

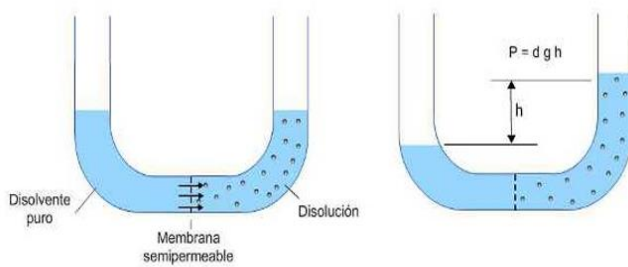
Uno de los peligros del cambio climático es que, al calentarse las aguas, las corrientes se interrumpan y con ellas las migraciones de los peces; además, el clima del planeta sufriría un cambio imprevisible con una Europa considerablemente más fría que la actual.



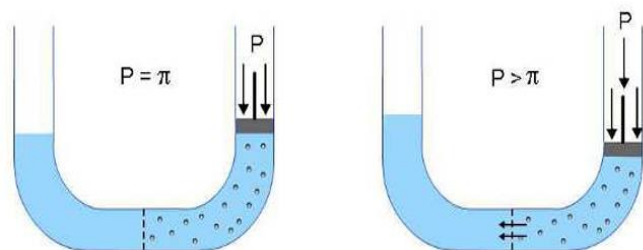
A pesar de que nuestro planeta es, fundamentalmente, agua, la mayor parte es salada y, en principio, no apta para el consumo humano. Solo el 3,5% es dulce, y de ésta el 70% está almacenada/atrapada en los hielos polares; del 30% restante, prácticamente la totalidad es agua subterránea. **Se estima que solo el 0,025% del agua dulce es accesible.**

Aquí también la ciencia combinada con la tecnología nos dota de una posibilidad para **desalar el agua y convertirla en potable**. El proceso se conoce como **ósmosis inversa**.

Cuando dos disoluciones con distinta concentración se separan por una membrana semipermeable surge entre ambas una presión, llamada osmótica, que hace que el agua pase de la que está más diluida a la que está más concentrada hasta que se igualan las concentraciones.



La idea es crear una presión contraria ( $P$ ), mayor que la osmótica ( $\pi$ ), que obligue al agua a abandonar la disolución salina convirtiéndola de esta manera en agua dulce.



La ósmosis inversa tiene un impacto medioambiental muy bajo, ya que no se obtienen residuos tóxicos ni se emplean aditivos químicos. Además, las membranas em-

pleadas pueden retener bacterias y otros contaminantes.

## Plomo: blando, pero peligroso

- ✓ Plomo
- ✓ Albayalde
- ✓ Gasolinas con plomo



El plomo es un metal blando que se derrite con cierta facilidad, pues funde a unos 325 °C (alcanzables con un fuego de leña, por ejemplo). Tiene fama de pesado, pero su densidad es 11,3 g/cm<sup>3</sup>, un valor medio, ya que los elementos más densos presentan valores que son prácticamente el doble (el osmio tiene un valor de 22,6 g/cm<sup>3</sup>).

Con el plomo llevamos conviviendo miles de años, hasta el punto de que el año de su descubrimiento se pierde en la noche de los tiempos.

Los romanos fueron los primeros en explotarlo a escala industrial y ya era objeto de comercio con los fenicios en el siglo X a. C.

Los alquimistas lo consideraban como el metal más antiguo y lo asociaban al planeta Saturno. Su símbolo deriva del latín *plumbum*.

A pesar de su aspecto blando, su inocente color gris, y su facilidad para fundirse, es uno de los venenos más peligrosos, sobre todo en estado vapor. La intoxicación por plomo (y por extensión por cualquier metal pesado) recibe el nombre de *saturnismo*.



Láminas de plomo mostrando su facilidad para ser doblado y el color gris oscuro cuando está oxidado, contrastando con el gris claro del metal.

Una vez dentro del cuerpo, el plomo, dificulta la propagación de señales a través del sistema nervioso central y penetra en el interior de las enzimas, alterando sus funciones. Es un potente neurotóxico y entre sus síntomas están el aumento de la agresividad, depresión o dolores de cabeza, quizás por esto desde antiguo se asimila a Saturno quien, enloquecido, llegó a devorar a sus propios hijos.

El historiador *Lynn Willis* considera al plomo “*el plástico del pasado*” por su facilidad para ser doblado, moldeado o soldado. De ahí que los romanos lo usaran profusamente en las conducciones de agua o para fabricar vasijas. También tenían la costumbre de endulzar el vino con el *defrutum*, especie de melaza (parecida al sirope) que obtenían calentando



el zumo de uva hasta que se reducía a la mitad de su volumen. Esta reducción se llevaba a cabo en recipientes de plomo y el metal se disolvía formando acetato de plomo, también llamado azúcar de plomo, que aumentaba el dulzor de la melaza.

La ingesta de vino contaminado con plomo puede afectar, como ya se ha dicho, al sistema nervioso, por lo que algunos historiadores relacionan la conducta patológica, muy próxima a la locura, que padecieron emperadores como Nerón, Calígula o Cómodo, con la intoxicación por este metal.

También se especula que pudieron sufrir intoxicaciones severas por plomo: Beethoven, pues el agua del Danubio contenía elevados niveles de plomo o Van Gogh y Goya, porque el pigmento blanco de plomo, o albayalde ( $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ), era profusamente usado para preparar pinturas.

La blancura del albayalde pronto atrajo la atención de las damas cuando lo de estar pálida como una muerta era un síntoma de distinción: una manera de poner de manifiesto su regalada vida, protegidas del sol en el confortable interior de las villas y palacios, en contraste con la morena piel de las campesinas, sin otra opción que cultivar los campos para poder comer.



La reina *Isabel I de Inglaterra* (1533-1603), apodada “la reina virgen” tenía en su rostro algunas marcas de viruela y para disimularlas se maquillaba con un cosmético que no estaba al alcance de cualquiera: la *cerusa veneciana*, también llamada “*espíritu de Saturno*”, o sin tanta historia: albayalde. Su aplicación directa sobre la piel provocaba la absorción del plomo, produciendo un envenenamiento progresivo.

Curiosamente, al aplicar el albayalde era frecuente que se produjeran irritaciones que obligaban a usar más cantidad de producto para ocultarlas, potenciando así los efectos indeseados.

La causa de la muerte de Isabel I es desconocida, pero se atribuye a un envenenamiento severo por plomo.

En la corte de Luis XV de Francia (s. XVIII), *Madame Pompadour*, puso de moda las caras maquilladas de blanco con cerusa, unos mejillas sonrosadas y unos labios intensamente rojos. La señora acertó de pleno, porque si el albayalde es un veneno, el rojo de labios y los polvos para las mejillas, contenían cinabrio, un sulfuro de mercurio, altamente

tóxico, así que no es nada extraño que uno de los mejores médicos ingleses de la época, **Erasmus Darwin** (abuelo paterno de Charles Darwin), escribiera en la segunda mitad del s. XVIII:

*“Alguno de los remedios habitualmente usados para recuperar la belleza, dolorosamente perdida por las damas, han destruido la salud de miles, en particular los cosméticos que contienen plomo blanco”.*

Y, ciertamente, Erasmus no exageraba nada. **Kitty Fisher** fue una cortesana de mediados del s. XVIII. Una auténtica “celebrity” de la época. Realmente no tenía oficio ni beneficio, solo una cierta habilidad para estar en el sitio indicado en el momento justo. “Famosa por ser famosa”, explotaba hábilmente su imagen sofisticada y sus costumbres extravagantes: se cuenta que en una ocasión se comió un billete de mil guineas en una rebanada de pan con mantequilla. Una auténtica precursora de la consumición de solomillos recubiertos de polvo de oro que los/las celebritis actuales degustan como símbolo de estatus.

La imagen de Kitty presenta la misma palidez marmórea que comentamos. Se murió con solo veintiséis años, muy probablemente a causa de su cosmético preferido: la cerusa veneciana.



Kitty Fisher



A pesar de que ya estábamos suficientemente advertidos el hombre es el único animal que tropieza más de dos veces en la misma piedra.

Durante la primera mitad del siglo XX la industria automovilística empieza a florecer; cada vez más automóviles circulan por nuestras ciudades y todos ellos usan motores de combustión interna alimentados por gasolina, pero era necesario resolver un molesto problema que incomodaba a los conductores: la llamada “detonación del motor” provocada por la tendencia de la gasolina a explotar antes de tiempo en los pistones, provocando ruidos molestos y pérdida de rendimiento.

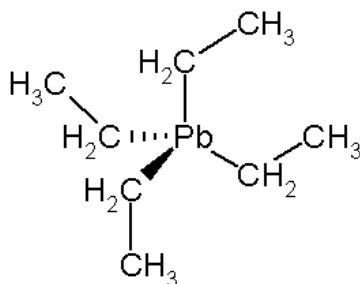
**Thomas Midgley, Jr**, un ingeniero norteamericano, se propuso resolver el problema por la vía del ensayo/error, y como “*no había nada en los libros*” y él estaba a cargo del departamento de investigación de la General Motors, se dedicó a agregar cosas a la gasolina y observar los efectos...



Thomas Migdey

A principios de los felices veinte las pruebas dieron un resultado positivo al añadir **tetraetilo de plomo**. No era difícil de entender que un compuesto que contuviera plomo podría ser poten-

cialmente dañino, pero lo primero que se hizo fue borrar el nombre del aditivo abreviándolo



como “etilo” o usando el acrónimo TEL, y las gasolinas aumentaron su octanaje (o capacidad para ser comprimidas sin entrar en combustión) de “*normal*” (92 octanos) a “*súper*” (97 octanos)... pero un pequeño inconveniente surgió, pues parte del plomo liberado como vapor, se quedaba dentro del motor y terminaba depositándose

sobre las válvulas dificultando su funcionamiento... Sin problemas, añadimos otro aditivo con bromo o cloro y ¡problema resuelto!

Lógicamente, al quemar la gasolina, los automóviles vomitaban por sus tubos de escape gases conteniendo plomo y demás porquerías añadidas, causando serios daños al medio ambiente y a las personas, sobre todo a los niños.

La presión creciente de la opinión pública consiguió que en 1975 se empezara a prohibir la comercialización de las gasolinas con plomo hasta llegar a una total prohibición. Actualmente solo se usan en Irak, Yemen, Birmania o Corea del Norte.

Por cierto, nuestro amigo **Thomas Midgley Jr** terminó abandonando la General Motors para pasarse al mundo del aire acondicionado, donde desarrolló los CFCs, tristemente conocidos por su capacidad para destruir la capa de ozono (ver: “*Un agujero en el tejado*”). No es extraño que el historiador John McNeil calificase a Midgley como “*el organismo que tuvo más impacto en la atmósfera en la historia de la Tierra*”.

## De colores

- ✓Colores
- ✓Teoría tricromática del color
- ✓Colores estructurales



*"...oscurecí mi cuarto e hice un pequeño agujero en mis contraventanas a fin de dejar entrar una cantidad conveniente de luz del sol y coloqué el prisma para que pudiera refractarse en la pared opuesta. Fue muy agradable ver los vívidos e intensos colores producidos. "*

Isaac Newton

Newton descubrió que la luz blanca era una mezcla de luces de varios colores. Cuando viajan través del vidrio no todos los colores lo hacen a la misma velocidad (como sucede en el aire) y, en consecuencia, se desvían respecto de la dirección original; el azul es el que más se desvía y el rojo el que menos, así que los siete emergen separados formando lo que se conoce como *espectro de la luz visible*.

Intentemos ahora responder a la siguiente pregunta: ¿por qué las cosas son coloreadas?, ¿por qué una cereza es roja, una zanahoria naranja, un limón amarillo o el perejil verde?



Espectro de la luz visible

¡Qué bobada!... Porque sí... las cosas son como son...  
¿cuándo has visto un limón rojo? Veamos...

A pesar de lo que normalmente se cree, el color de los objetos no es un atributo de éstos (un objeto *no es* rojo o amarillo), sino que depende tanto de la luz incidente como del observador que capte la luz reflejada. En palabras del propio Newton:

*".. si en todo momento hablo de luz y de rayos coloreados, se debe entender que hablo no filosóficamente y con propiedad, sino groseramente, porque los rayos, por hablar con propiedad, no son coloreados."*

Percibimos el color de un objeto como resultado de un proceso que implica:

1. **La interacción de la luz con dicho objeto.** Como resultado parte de la luz es absorbida por el objeto y otra parte es reflejada.

2. **La recepción de la luz procedente de los objetos por parte del observador** que, convenientemente interpretada, nos produce la **sensación de color**. La luz reflejada es la que perciben nuestros ojos. En la retina se convierte en impulsos eléctricos que son transmitidos al cerebro donde es interpretada para darnos la sensación de color.

**La teoría tricromática**, propuesta originalmente por Thomas Young (s. XIX), y más tarde desarrollada por Helmholtz en 1866, explica la manera en la que apreciamos los colores:

- Nuestra retina está equipada con unas células (llamadas conos) que son sensibles a los colores: rojo, verde y azul (colores primarios).
- Los demás colores resultan de la mezcla de estos tres colores primarios.



**Cuando la luz incide sobre un objeto se produce una absorción parcial de la misma produciéndose la visión de los colores por la mezcla de las luces reflejadas.**

- Si un objeto absorbe la luz verde y la azul, reflejará la roja. Concluiremos que el objeto es de color **rojo**. De manera análoga se puede explicar el color verde o azul.
- Si el objeto absorbe la luz azul, reflejará la verde y la roja. La mezcla de ambas da **amarillo**. Concluiremos que el objeto es color amarillo.
- Si el objeto absorbe la luz verde, reflejará la azul y la roja. La mezcla de ambas da **magenta**. Concluiremos que el objeto es color magenta.
- Si el objeto absorbe la luz roja, reflejará la azul y la verde. La mezcla de ambas da **cian**. Concluiremos, por tanto, que el objeto es de color **cian**.
- Los demás colores se obtienen modificando la intensidad de los colores primarios.

**El tomate**, por ejemplo, contiene un pigmento carotenoide que absorbe los colores azules y verdes, así que reflejará la luz roja, por eso lo vemos rojo.

**La clorofila** absorbe azules y rojos y refleja el verde, de ahí el color del perejil, por ejemplo.

Las antocianinas de **la hortensia** absorben lo rojos y verdes y reflejan el azul, por eso aparecen de este color.



Complicuémonos un poco la vida para entender más cosas:

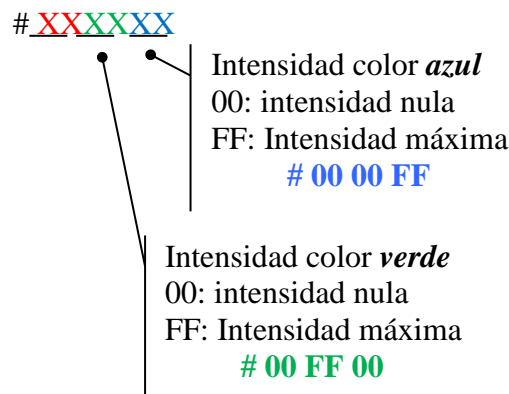
Tomemos un limón, es una evidencia que su color es amarillo ... Bueno, eso es así mientras lo iluminemos con lo que llamamos luz blanca. Nos muestra su típico color porque la piel del limón absorbe la luz azul y refleja la roja y la verde, que al ser percibidas por el ojo dan como resultado el amarillo (verde+rojo).

Hagamos lo siguiente, miremos el limón a través de un celofán o cristal de color azul. Lo que estamos haciendo es equivalente a iluminarlo con luz solo de este color, y como el limón absorbe el azul no reflejará nada: el limón es ¡negro!

Mirémoslo ahora a través de un cristal o celofán rojo. Es como si lo ilumináramos con luz roja, como refleja esta luz, lo veremos ahora rojo, no amarillo, porque la luz verde no está en la incidente y no se puede mezclar con la roja para darnos el amarillo.

La notación empleada en los programas informáticos para indicar los colores ilustra de una manera clara la teoría tricromática.

En el llamado código **RGB** (red, green, blue) los colores se identifican mediante seis dígitos en notación hexadecimal <sup>12</sup>, precedidos del signo #. Los dos primeros dan la intensidad del color rojo, los dos siguientes la intensidad del verde y los dos últimos la intensidad del azul.



Combinándolos obtenemos al amarillo, magenta y cian: **# FF FF 00**: Amarillo; **# FF 00 FF**: Magenta; **# 00 FF FF**: Cian



---

<sup>12</sup> El sistema hexadecimal de numeración emplea dieciséis dígitos, los diez del sistema decimal, más seis letras, de la A a la F: 0,1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F

Los pigmentos deben su color a su composición química, a los elementos de los que están formados, pero también hay colores cuyo origen no es la química; los que saben de esto los llaman “**colores estructurales**”<sup>13</sup>.

Seguro que has visto alguna vez una mancha de gas-oil flotando en el agua. Habrás notado que se pueden observar colores muy intensos. Estás contemplando una “**iridiscencia**”, llamada así porque esos colores seguro que te recuerdan a los del arco iris. Pues en este caso la iridiscencia no está motivada por la composición química del gasoil. **La iridiscencia es un ejemplo de color estructural**. Tratemos de explicarlo.



Iridiscencia de una mancha de gas-oil en el asfalto.

Como el gasoil no es soluble en agua, flota sobre ella formando una delgada película, puedes imaginarlo como una estrecha lámina colocada sobre el agua. Cuando llega la luz parte se refleja en la superficie superior y parte penetra en la película llegando hasta la cara que está en contacto con el agua, ahí vuelve a reflejarse y termina regresando al aire, pero este rayo ha recorrido mayor espacio que el reflejado primero y cuando vuelven a encontrarse, el segundo lleva cierto “retraso”. La interferencia de ambos puede ser destructiva y, entonces, se anulan; o constructiva, se refuerzan. Así, algunos colores desaparecen y otros se potencian dando lugar a la iridiscencia.

El **camaleón pantera** tiene en su piel unos diminutos cristales que produce colores verdosos, pero cuando presiente un peligro la distancia entre ellos cambia, provocando un cambio de color al rojo-anaranjado.

Los científicos tratan de imitar esta manera de producir el color creando estructuras ordenadas de átomos: tratan de obtener lo que llaman “**cristales fotónicos**”.

**Eli Yablonovich**, fue el primero que logró producir (en 1991) un cristal fotónico en el laboratorio al que llamó “**yablonovita**”, abriendo un nuevo campo de investigación.

Se espera que los cristales fotónicos puedan tener multitud de aplicaciones en óptica y electrónica: nuevos LED, fibra óptica con mejores propiedades, antenas de radio... incluso ordenadores ópticos capaces de funcionar, no con electricidad, sino con luz, lo que multiplicaría su capacidad de proceso.

---

<sup>13</sup> Iridiscencia y cristales fotónicos en el Bachillerato. Manuel Alonso Orts, Manuel Alonso Sánchez. Revista Española de Física. Vol 36. Nº1 (2022).



## Alquimistas versus atomistas

- ✓Alquimia
- ✓Piedra Filosofal
- ✓Cuatro Elementos
- ✓Atomismo
- ✓Fósforo



Retrocedamos veinticuatro siglos y situémonos en Grecia en el año 400 a. C.

Los ciudadanos reunidos en el ágora discuten de política (es decir, del gobierno de las “polis”, ciudades) o de filosofía, mientras los esclavos, que ni siquiera son dueños de su vida, se dedican a realizar los pesados trabajos manuales. Tal vez por eso el trabajo manual estaba considerado en Grecia como propio de esclavos y, por tanto, indigno.

Entre las preocupaciones de los filósofos había una central: *¿De qué está hecho el mundo, la materia que observamos a nuestro alrededor: los árboles, las casas, el aire... nosotros mismos?*

Era una pregunta básica, crucial, a la que debía darse una respuesta, así que a ello se pusieron los filósofos y... pensando, pensando (aunque sin realizar experimento alguno que, por ser un trabajo manual, no estaría bien visto), llegaron a algunas conclusiones.

**Demócrito de Abdera** (460-370 a.C) pensó que si queríamos saber de qué estaba formada la materia un buen camino era penetrar en su interior y ver qué hallábamos. En aquel tiempo la única manera de hacerlo era usando un poderoso instrumento de análisis: la imaginación auxiliada por la razón. Así, que Demócrito filosofó sobre el particular intentado llegar a donde nadie había llegado.

Imaginemos un trozo de materia que rompemos a la mitad, desechemos una de las mitades y volvemos a partir la otra; luego, volvemos a dividir una de las mitades... y, continuando con la división, ¿adónde llegamos?”

Demócrito concluyó que había dos posibles respuestas:

1. **La materia es divisible infinitamente** con lo que podríamos, a base de sucesivas divisiones, llegar a su desaparición.



2. **Llegaríamos a algo** (imaginémoslo como una diminuta bolita) **que sería indivisible** y constituiría el verdadero soporte de la materia, su matriz básica.

La primera posibilidad no satisfacía al filósofo, ya que parecía difícil admitir que por mera división pudiera llegarse a la aniquilación de la materia, así que se quedó con la segunda y llamó a las partículas indivisibles: **átomos** (*tomos*= partes; *átomos*= sin partes).

Si admitimos la existencia de los átomos, la materia es discontinua, luego ¿qué existe entre los átomos? Demócrito se planteó que ya que constituían la materia no podía haber nada entre ellos, habría vacío. Su famosa frase: “*Solo existen los átomos y el espacio vacío, el resto es pura ilusión*” resume a la perfección su doctrina. Nuestro complejo mundo es, en última instancia, un vacío en el que flotan pequeñas partículas de materia.

**Aristóteles de Estagira** (384 – 322 a JC) llegó a otra conclusión. Cuando se destruye la materia quemándola, además del fuego, observamos el humo que sale (aire sucio), las cenizas que deja (tierra) y pequeñas gotitas de agua que se condensan en las paredes del recipiente, si la combustión se lleva a cabo en un recinto cerrado. Los constituyentes básicos de la materia serían, por tanto, los residuos que deja cuando se destruye: **fuego, aire, tierra y agua**.

Estos cuatro **elementos** (elemental: que no se puede descomponer en unidades más básicas) eran los que se combinaban para formar todas las sustancias conocidas.

¿Qué teoría triunfó?... la de Aristóteles, que con ligeras alteraciones estuvo vigente durante muchos siglos, prácticamente hasta el s. XIX.

Si esto era así, no es extraño que se llegara a ciertas conclusiones.

Consideremos el oro, una sustancia especialmente valiosa (y, por tanto, codiciada); un metal inoxidable, símbolo de riqueza y poder y relacionado con la divinidad. El oro estaría compuesto por Fuego, Aire, Tierra y Agua y, dadas sus especiales características, podemos pensar que los cuatro elementos se encuentran combinados en él en las proporciones perfectas, ideales. Hablando en lenguaje moderno: al 25%, por ejemplo.



En “*La Escuela de Atenas*”, un fresco de Rafael Sanzio, están representados los principales filósofos griegos. En el centro, con un manto azul, Aristóteles conversa con Platón. Demócrito aparece en primer plano apoyado sobre una mesa.

Y un metal “impuro”, como el plomo, ¿en qué se diferencia del oro?... aparentemente solo en las proporciones en la que los cuatro elementos están combinados. Pensemos que pueda tener más tierra que el oro (digamos un 35%), menos fuego, puesto que es menos brillante (un 15%), un poco menos de aire (20%) y más agua (30%).

La conclusión inmediata es que *si somos capaces de idear algún procedimiento gracias al cual pudiéramos manipular las cantidades de los elementos* seríamos capaces de transmutar las sustancias, de convertir los metales unos en otros, el plomo en oro, lo que significaría ser inmensamente ricos y poderosos (si somos lo suficiente cautos para mantener el procedimiento en secreto).

Con esta perspectiva no es de extrañar que miles de personas dedicaran su vida y hacienda a intentarlo. *Los alquimistas*, los primitivos químicos, encerrados en sus oscuros laboratorios, trataban de arrancarle a la naturaleza su gran secreto.

Algunos, generosos ellos, daban la receta:

*“Construye, amigo mío, un templo monolítico. Parecido a la cerusita, al alabastro; un templo que no tenga principio ni fin, en el interior del cual se halla una fuente del agua más pura, brillante como el sol. Intentarás entrar con la espada en la mano, porque la entrada es angosta. Está guardada por un dragón que hay que matar y desollar. Reuniendo sus carnes y sus huesos debes hacer un pedestal al que subirás para llegar al templo donde encontrarás lo que buscas. Porque el sacerdote, que es el hombre de bronce que ves sentado cerca de la fuente, cambia de naturaleza y se transforma en un hombre de plata que a su vez, si tú lo deseas, puede transformarse en un hombre de oro...”*

**Zósimo**, alquimista del s. II o III  
(*La Alquimia* de Lucien Gerardin)

Por cierto, en los escritos de Zósimo se cita a una mujer alquimista: *María la Judía*, que pasó a la historia gracias a un ingenioso método que permitía calentar las sustancias de manera lenta y uniforme: “*el baño maría*”; y es que los alquimistas con sus eternas manipulaciones inventaron, y nos legaron, muchos de los procedimientos de purificación, descomposición, precipitación o destilación que hoy día se utilizan en los laboratorios.

Los escritos alquímicos se caracterizan por un lenguaje difícil, alegórico e indescifrable para aquellos que no pertenezcan al estrecho círculo de los iniciados. Lógicamente

los logros que un alquimista alcanzaba no debían compartirse, eran demasiado valiosos, incluso peligrosos ¿se podían poner estos conocimientos en manos de cualquiera?

Pero... hay más, nosotros mismos estamos formados por los cuatro elementos que podemos suponer combinados en las proporciones ideales cuando estamos sanos. Las enfermedades surgen cuando esas proporciones se alteran.

¿Y la vejez? ¿Por qué no somos eternamente jóvenes? La causa, seguramente, sea atribuible a una alteración en las cantidades de nuestros constituyentes básicos.

Por tanto, quien fuera capaz de llegar a un profundo conocimiento de los cuatro elementos y, sobre todo, supiera cómo recuperar sus proporciones ideales, no solo sería inmensamente rico, también gozaría de una eterna juventud: *“La práctica de este arte consiste simplemente en lograr que estos cuatro elementos se transformen unos en otros”*.

Al final, tras vueltas y revueltas, se llegó a la conclusión de que la solución estaba en la llamada **Piedra Filosofal**: *“Una sustancia que transformada y perfeccionada por el Arte, alcanza la perfección final, y por consiguiente, posee la propiedad de la transmutación”*.

**Roger Bacon** (*Doctor Mirabilis*), un monje franciscano nacido en Inglaterra en 1214, y uno de los primeros que propusieron la experimentación como método para comprobar nuestras hipótesis (inicio del método científico), nos indica cómo podemos obtenerla:

*Primero hay que reducir a polvo, luego cristalizar, después reducir el cuerpo. Luego viene la sublimación y finalmente, la muerte. Se deja fermentar el aceite y se separa el espíritu para resaltar su virtud innata. Se recoge el residuo seco, se destila el aceite y se exalta el agua. El que sepa hacer todo esto llegará a poseer la perfecta medicina, lo que los filósofos llaman elixir, esa maravilla que se disuelve en su propia agua. Sometida a la prueba del fuego, no se destruye, sino que gracias a sus fuerzas espirituales ocultas, se mezcla con su Azufre y su Arsénico, licuándose y continúa en el fuego.*

(La Alquimia. Lucien Gerardin)

La alquimia estuvo vigente durante siglos. Incluso el gran **Isaac Newton** (s. XVIII), coqueteó con ella. Hay que decir, en su descargo, que Newton era atomista, y es que lo cortés no quita lo valiente.

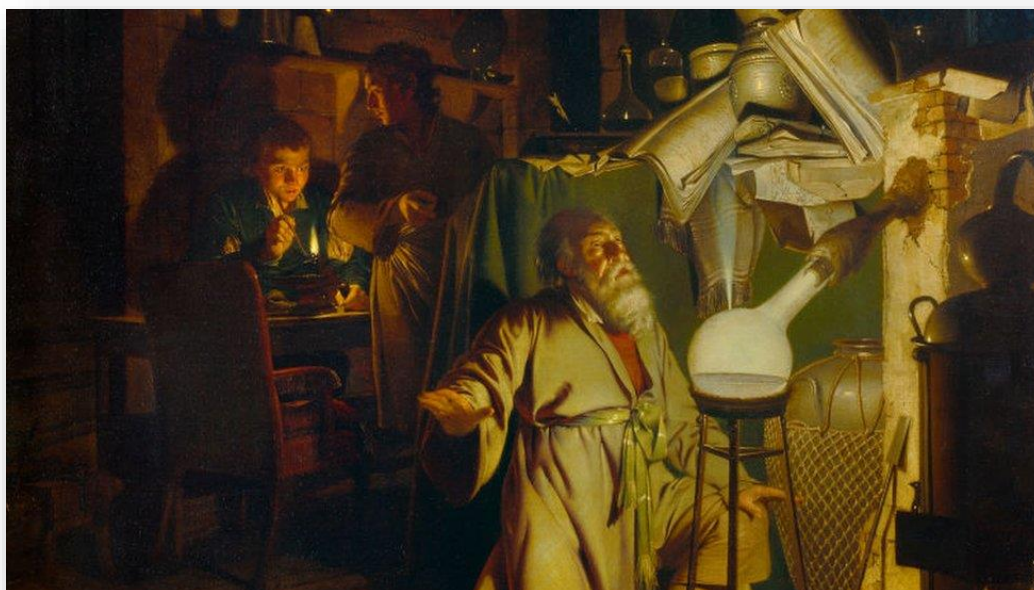


En 1669 y en un oscuro sótano de Hamburgo otro alquimista tardío, **Henning Brand**, calienta día y noche litros y litros de orina humana (que al parecer recolectaba en un regimiento militar próximo) para concentrar el líquido con el propósito de obtener el oro (¡tal vez la Piedra Filosofal!) que contiene ¿acaso la orina no es amarilla como el divino metal?

Al evaporar el agua obtuvo un residuo semisólido, con la consistencia de la miel, que dejó en reposo durante días. El último paso está a punto de ser dado: calentando con una mezcla de arena y carbón ¡por fin! se obtendría el oro.

Pero las previsiones fallaron, y el bueno de Brand no logró hallar el oro que supuestamente daba el color a la orina, pero con gran sorpresa vio como la retorta en la que había realizado la operación brillaba con una intensa y misteriosa luz. Había descubierto el fósforo (la orina contiene, aproximadamente, 1,5 g/L) con lo que sus problemas económicos no se resolvieron, pero obtuvo la inmortalidad al quedar su nombre asociado al descubrimiento de uno de los elementos fundamentales para la vida.

Años más tarde (1771) **Joseph Wright**, pintor inglés, inmortalizaría el momento en su obra *El alquimista en busca de la piedra filosofal*.



## Cerveza: una rubia muy compleja

✓ Fermentación

✓ Malta

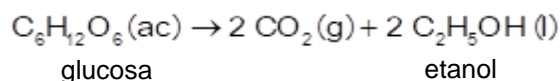
✓ Lúpulo



La cerveza es una bebida tan antigua que su invención se pierde siglos antes del nacimiento de Jesucristo (aunque hay quien afirma que lo que se hacía entonces era vino de cebada y no cerveza). Siglos después, en Europa del norte y central, adquirió la forma de lo que hoy llamamos cerveza y en España, una nación esencialmente vinícola, fue introducida por Carlos I de España y V de Alemania, que trajo consigo maestros cerveceros.

Marcas tan conocidas como Mahou, Cruzcampo y Estrella Galicia están entre nosotros desde principios del siglo XX.

La cerveza pertenece al gran grupo de bebidas alcohólicas que, como la sidra o el vino, deben su contenido en alcohol a **la fermentación de los azúcares** que contienen.



En el caso de la cerveza el producto de partida son **los cereales**, fundamentalmente la cebada.

La cebada (y los cereales en general) contienen azúcares complejos, almidón, que debe de romperse en azúcares simples, lo que se logra humedeciendo el cereal para que los granos de almidón se inflen y empiece la germinación. Este proceso se denomina **malteado** y regulando grado de humedad y temperatura podremos obtener más o menos azúcares. El proceso se detiene cuando el grado de humedad llega a un 4% y, a continuación, se suele someter a tostación en un horno. El resultado es lo que llamamos **malta** y del grado de tostado dependerá el color final de la cerveza: **teste débil para cervezas pálidas, medio para las doradas o fuerte para las negras**. Otras muchas propiedades también dependen del grado de tostado, pues **maltas muy tostadas serán pobres en azúcares**, mientras que un tostado más ligero dará lugar a maltas más ricas en azúcares.

**La malta, por tanto, es lo que resulta después de procesar el grano de cereal con el fin de poder utilizarlo en la fabricación de la cerveza.** Una vez obtenida se muele y se añade agua caliente (a unos 70<sup>o</sup>) para extraer los azúcares.

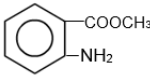
*El agua* utilizada es muy importante, opiniones hay que afirman que *es el ingrediente determinante*, su procedencia y mineralización puede ser un elemento diferenciador. La famosa *cerveza Pilsen* debe su fama al agua blanda de la región de Pilsen en la República Checa; sin embargo, *la Guinness* auténtica no sería lo mismo sin el agua dura, altamente mineralizada, de Dublín.

Una vez terminado este proceso, el líquido o mosto se separa por filtración de la malta y es entonces cuando se le añade otro ingrediente fundamental: *el lúpulo* (realmente su flor) que dará el amargor y aroma característicos. El lúpulo es una planta rica en ácidos orgánicos, que son los responsables del sabor amargo. Su composición es diferente según su procedencia. Algunos de estos compuestos tienen un efecto antibiótico contra las bacterias, por lo que la bebida se conserva bien durante largo tiempo, hecho que tuvo mucha importancia en las largas expediciones navales del s. XV y XVI, cuando el agua se corrompía fácilmente al cabo de poco tiempo, no así la cerveza.

Estos mismos ácidos del lúpulo son bastante sensibles a la luz solar que los degrada dando lugar a sabores no deseados. Por esa razón las botellas son opacas y oscuras.

El proceso final consiste en la adición de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), para convertir los azúcares en alcohol.

Las cervezas elaboradas con levaduras que flotan en la superficie tras la fermentación son llamadas *tipo "ale"*; las que se elaboran con levaduras que fermentan en el fondo de la cuba son las *tipo "lager"* (hongo: *Saccharomyces carlbergensis*). La reacción del alcohol con los ácidos del lúpulo da lugar a *ésteres orgánicos* que son los responsables del sabor afrutado:

Sabor	Éster	Fórmula
Naranja	Acetato de octilo	$\text{CH}_3\text{COO}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$
Piña	Butirato de etilo	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$
Plátano	Acetato de isopentilo	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
Manzana	Butirato de metilo	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
Uva	2-aminobenzoato de metilo	

Una vez concluida la fermentación es muy importante *dejar reposar la bebida* para que el aroma y el sabor se estabilicen.

Por cierto, es muy conveniente mantener el pH en torno a 5. Curiosamente este concepto (la medida de la acidez mediante la escala pH) fue inventado en la fábrica de la cerveza Carlsbeeg por *Sørensen*, uno de los químicos que trabajaba en su laboratorio.

Solo nos queda embotellar y, tal vez, añadir algo de azúcar para que las levaduras produzcan una nueva fermentación que dará lugar al CO<sub>2</sub> que carbonatará la bebida.

*El oxígeno es muy importante* en el proceso de elaboración, ya que activa las levaduras, y en los procesos posteriores como el filtrado o el embotellado es responsable de reacciones indeseadas que dan *productos oxidados*, lo que originará cambios en el sabor y el envejecimiento de la cerveza, de ahí que la disminución del contenido de oxígeno en el producto embotellado sea un verdadero desafío para los fabricantes.

Nutricionalmente la cerveza es, fundamentalmente, agua (90% aprox.) por lo que no tiene muchas calorías (47 kcal/100 ml). La parte calórica procede del alcohol.

Tengamos en cuenta que el alcohol es una sustancia psicoactiva y, como tal, puede producir adicción, uno de los grandes peligros de su consumo. Es metabolizado a acetaldehído, principalmente en el estómago y en el hígado, y su consumo en nuestra cultura está socialmente aceptado.

Los procesos para producir *AFBs* (Alcohol Free Beers) se dividen en dos grandes grupos: los que utilizan *procesos físicos* y los que *optan por los biológicos*.

- ✓ *Los procesos físicos* se basan en eliminar el alcohol de la cerveza. El inconveniente es que se utiliza, normalmente, el calentamiento, pero al calentar se eliminan los componentes volátiles responsables del aroma y el sabor característicos. Una alternativa es la destilación al vacío, donde se utiliza temperaturas más bajas, preservando la mayor parte de los sabores; otra, usar membranas para separar el alcohol sin necesidad de calentar.
- ✓ *Los procesos biológicos* están basados en evitar la producción de alcohol, lo que se puede conseguir de dos formas: reduciendo la cantidad de azúcares simples





que se producen en el proceso de maceración o evitando/limitando el proceso de fermentación.

Llegados a este punto, hagamos unas puntualizaciones. **¡Ojo con las denominaciones!** En España la denominación “*cerveza sin alcohol*” admite que tenga **menos de un 1%**. Esto es, puede contener hasta 0,9%. Además, el fabricante no está obligado a hacer constar el contenido en alcohol si está por debajo del 1,2 %, luego si buscamos en la etiqueta igual no encontramos el dato.

Si la cerveza está catalogada como de “*bajo contenido en alcohol*” puede tener entre un 1% y un 3%.

**¿Y las 0,0%?...** Bueno, casi no tienen alcohol. La normativa obliga a declarar el contenido con un solo decimal. Por tanto el redondeo funciona. Una cerveza que tenga 0,04 %, puede ser etiquetada como 0,0%. Ciertamente es un contenido en alcohol muy bajo, pero, por si acaso, es necesario saberlo.



El gran **Niels Bohr**, físico danés conocido por sus estudios sobre el átomo y por sus contribuciones a la mecánica cuántica, contó durante gran parte de su carrera con la ayuda y el patrocinio de la cerveza **Carlsberg**. Incluso tuvo su vivienda en la Residencia Honorífica (situada junto al laboratorio y la cervecería) que la compañía destinaba como alojamiento para “un hombre o mujer merecedor en los campos de la ciencia, la literatura o el arte”. La leyenda afirma que existía una tubería que conectaba la cervecería con la residencia, con lo que Bohr solo tendría que abrir una llave para tener toda la cerveza que quisiera. Al parecer, es solo una leyenda, tal tubería nunca existió, pero sí el compromiso de la cervecería de suministrarle todas las botellas o toneles que deseara.

**Durante la Segunda Guerra Mundial** el suministro de cerveza a los soldados que peleaban en el frente fue una prioridad. Se planificaron diez barcos cervecería para abastecer el frente del Pacífico; en el sudeste asiático (Birmania) los británicos pusieron en marcha las llamadas “cervecerías sobre ruedas”, vehículos con capacidad para producir cerveza y distribuirla entre las tropas, y los famosos aviones Spitfire ingleses se utilizaron para transportar la cerveza en barriles sujetos bajo sus alas o en depósitos de combustible, previamente limpiados.



## ¿Gravedad artificial?

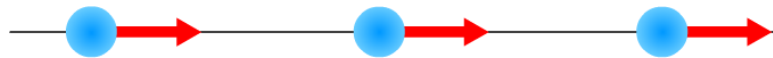
- ✓ Gravedad
- ✓ Aceleración normal



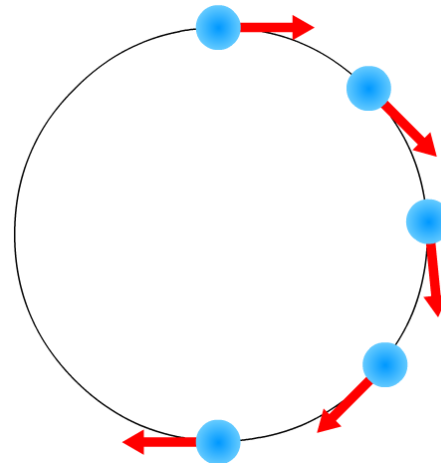
¿Qué tiene que ocurrir para que un objeto que se mueve en línea recta la abandone y empiece a seguir una trayectoria circular?

Como la velocidad es un vector podemos realizar el siguiente experimento:

- ✓ Hagamos una pequeña bola con plastilina y utilicemos un trozo de cartulina para recortar una flecha que va a representar el vector velocidad. Insertémosla en la bola de plastilina.
- ✓ Dibujemos una trayectoria recta y una circunferencia en un folio.
- ✓ Situemos la bola al comienzo de la trayectoria recta y hagamos que recorra la trayectoria con una velocidad (aproximadamente) constante. Observa la flecha que nos indica la dirección/sentido de la velocidad. Permanece invariable apuntando siempre en el sentido del movimiento.



- ✓ Situemos ahora la bola en la parte superior de la circunferencia y empujémosla obligándola a recorrer la trayectoria. Veremos que la flecha que representa la velocidad se mantiene tangente a la circunferencia. Esto es, para que siga la trayectoria circular es preciso que cambie constantemente su dirección (ver figura).



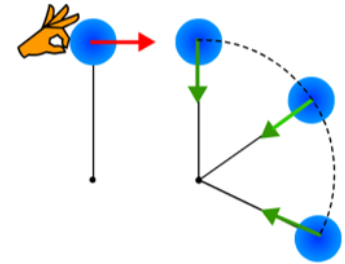
Para que un objeto describa una trayectoria curva es necesario que su velocidad cambie de dirección constantemente, manteniéndose tangente a la trayectoria en cada punto. Hemos descubierto un concepto clave. ***Para describir una curva es necesario que la velocidad cambie de dirección continuamente*** y esto ha de ser así, aunque el valor numérico de la velocidad (los m/s o km/h) permanezca constante.

Newton descubrió que hay una forma más sencilla, e igual de efectiva, para lograr que un objeto describa una trayectoria circular, y es **aplicarle una fuerza que apunte constantemente hacia el centro**.

Retoma la bola de plastilina, colócala sobre una mesa y dale un impulso con el fin de que se aleje de ti. La trayectoria seguida será (aproximadamente) recta.



Toma ahora un hilo, fíjalo un extremo a la bola y el otro en la mesa; estíralo para mantenerlo tenso y vuelve a impulsar la esfera igual que hiciste antes... Ahora se mueve describiendo un círculo. La razón es que el hilo está suministrando la fuerza necesaria para que la velocidad cambie constantemente de dirección y la trayectoria, en consecuencia, se curva.



**Como hay un cambio (de dirección) en la velocidad**, existirá una aceleración, provocada por la acción de la fuerza, que denominaremos **aceleración normal o centrípeta**, pues **apunta siempre hacia el centro de la trayectoria**.

¿Cómo medir la aceleración centrípeta? Para un movimiento circular uniforme, aquel en el que el objeto recorre la circunferencia con velocidad constante, su módulo, vale:

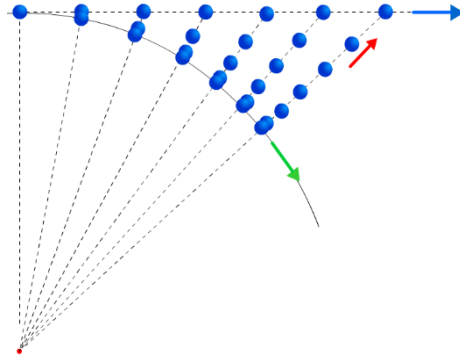
$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

Si analizamos la fórmula vemos que el valor de la aceleración normal es tanto mayor cuanto mayor sea la velocidad, y cuanto menor sea el radio de la curva (curvas más cerradas, menor radio).

Imaginemos un disco de 5 m de radio que gira. Aumentemos su velocidad de giro hasta que la velocidad de un punto de su periferia sea de 7 m/s (25 km/h, aproximadamente). Supongamos también que una persona se encuentra sentada en un sillón en el interior de un pequeño habitáculo situado en ese punto. Según lo que acabamos de ver estará sometida a una aceleración dirigida hacia el centro de valor:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{7^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{5 \text{ m}} = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ahora bien, debido a la inercia nuestro cuerpo trata de mantener la trayectoria inicial (ver figura) y se sentirá presionado según la dirección radial y hacia afuera, sobre el respaldo del sillón con una fuerza similar a la que nos fija al suelo en nuestro planeta.



La temida “centrifugadora” utilizada en el entrenamiento de los astronautas es usada para simular grandes aceleraciones usando este método.



Centrífuga Brooks Puede operar a 30 g  
Fuente: [http:// www.halldale.com](http://www.halldale.com)

Grandes aceleraciones pueden producir importantes efectos sobre nuestro organismo, debidos al desplazamiento de la sangre hacia las piernas. Por ejemplo, la pérdida de riego sanguíneo en la retina provoca pérdida de visión periférica (visión túnel) pudiendo llegar a la pérdida total (aunque transitoria) de la visión; partes deformables, como la piel, sufren también desplazamientos que pueden producir pequeñas hemorragias. Finalmente, la pérdida de riego sanguíneo en el cerebro puede llegar a producir pérdida de consciencia, conocida como G-LOC en el argot (G-force induced Loss Of Consciousness)<sup>14</sup>

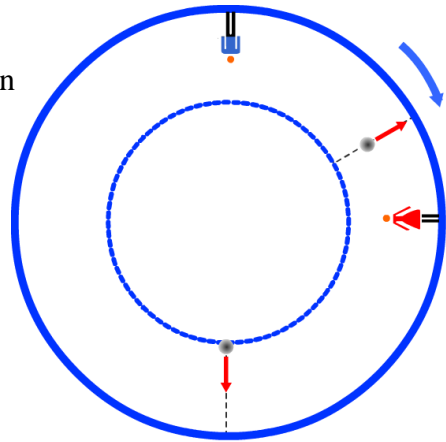
Si seguimos forzando nuestra imaginación podríamos llegar a construir mundos que simulen nuestro planeta aprovechando este efecto.

---

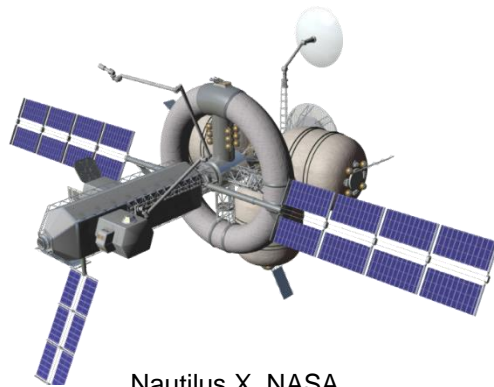
<sup>14</sup> Puedes ver algunos de estos efectos en el siguiente vídeo donde se muestra el entrenamiento High-G de pilotos: <https://www.youtube.com/watch?v=JrUCGZO5H9s>

Observa la figura. En el interior del anillo giratorio se experimentaría una aceleración vertical dirigida de forma radial y hacia la periferia. Una situación similar a la que nos produce la atracción gravitatoria de nuestro planeta.

Debido al giro aparecen otros efectos que pueden ser molestos y que hacen aconsejable que la velocidad de rotación no esté por encima de las 2 rpm. Para esta velocidad de giro, y si queremos construir una estación que provoque una aceleración igual a la de la Tierra, su radio debería de ser de 222 m.



La nave Nautilus-X fue propuesta por la NASA en 2011 como lugar de parada en viajes hacia la Luna o Marte. En el centro se ve el toro giratorio que proporcionaría a los tripulantes una agradable sensación de gravedad que les recordaría la vida en su planeta.



Nautilus X. NASA

## Cobre, el papá del bronce

- ✓Cobre
- ✓Bronce
- ✓Latón



El cobre es un metal bastante abundante que se encuentra en la naturaleza como cobre nativo, metálico, sin combinar. Pronto se comprobó que, a diferencia de la piedra, no se rompía al golpearlo, sino que se deformaba, lo que lo hacía muy indicado para fabricar objetos de formas variadas (motivos ornamentales).

Los ceramistas sabían que al someter las blandas arcillas al calor del fuego se endurecían, sin embargo ¡sorpresa!, el cobre sometido al calor se volvía más blando por lo que era más fácil trabajarlo.



Cobre nativo

El perfeccionamiento de los hornos cerámicos permitió obtener temperaturas de unos 1000 °C, suficientes para fundir el cobre nativo. La fundición abrió nuevas expectativas para el metal, ya que al enfriar recuperaba su estado sólido. Esto posibilitaba, por un lado, obtener piezas de distintas formas de una manera bastante rápida vertiendo el metal líquido en moldes. También estaba la posibilidad del reciclado: los objetos podían volver a fundirse y reutilizarse.



**La Edad del Cobre** es un largo paréntesis de 1000 años (entre el cuarto y el tercer milenio a.C.) situado entre la Edad de Piedra y la Edad del Bronce. El gran salto se produce cuando, probablemente de forma accidental, se descubre que aleando cobre con estaño se obtiene un metal más duro: **el bronce**. Seguramente la experimentación posterior permitió conocer que controlando el tanto por ciento de estaño se obtenían bronce más blandos (con un 3% de Sn) o bronce más tenaces (con un 25%).

**El descubrimiento del bronce cambió a la humanidad**, las armas de bronce eran mejores que las de cobre. Un ejército equipado con ellas tenía una superioridad manifiesta, así que el comercio del estaño, mucho más escaso que el cobre, revitalizó economías y

contribuyó al intercambio cultural. La metalurgia se desarrolló rápidamente y la disponibilidad de utensilios metálicos de bronce se extendió a casi todas las capas sociales.

La vida cultural no fue ajena al impacto, la construcción de estatuas y todo tipo de esculturas en bronce han llegado hasta nosotros, al menos en parte, puesto que la posibilidad de fundir el material para fabricar armas en tiempos de guerra, seguramente nos privó de conocer manifestaciones artísticas dignas de ser admiradas.

Además de las estatuas, quizás nos vengan a la memoria los cañones usados en la edad media. Se utilizaba (para las armas de fuego en general) una aleación del 90% de Cu y 10% de Sn.

Y si hay algo asociado al bronce tal vez sean las campanas. Su sonido depende de las proporciones de los elementos aleados: a mayor proporción de cobre, tonos más graves, mientras que al ir elevando la proporción de estaño el tono se vuelve progresivamente más agudo. El denominado *metal de campana* contiene 78% de Cu y 22 % de Sn y se considera que produce la mayor sensación sonora de todas las posibles aleaciones.



**Tsar Kólokol o campana Zar.** Construida con metal de campana. Con sus 6 m de alto y 202 t, está considerada la mayor campana jamás construida.

Fuente: Wikipedia.

Pero el cobre puede formar más aleaciones, una de ellas con el cinc: *el latón*, cuyo color dorado lo hace semejante al oro. Lo más curioso es que el latón es conocido desde hace muchísimo tiempo, probablemente desde el 3000 a. C., mientras que el descubrimiento del cinc es atribuido a Paracelso en el s. XVI. Lo más probable es que la aleación se deba a la mezcla de los minerales de cobre y los de cinc (calamina) que puede confundirse fácilmente con el mineral de estaño (casiterita).

Historiadores hay que opinan que el mítico rey Midas fue un monarca frigio. En esa región (actual Turquía) las menas de cinc son abundantes, por eso es posible que el rey se encontrara que de sus crisoles, sorprendentemente, salía “oro” (en realidad, latón) cuando esperaba obtener bronce. De ahí a la leyenda solo hay un paso... y un poeta, Ovidio, a quien se debe la famosa historia del rey que convertía en oro todo lo que tocaba.

Pero volviendo al metal rojo, el cobre tiene una fantástica propiedad que lo hace sumamente útil: mata a las bacterias, por eso se aplica patente (pintura que contiene cobre)

en la obra viva de los barcos para evitar que se adhirieran algas y pequeños crustáceos. Esa misma propiedad lo hizo muy apropiado para fabricar las monedas que pasan de mano en mano, incluso las de oro o plata se aleaban con cobre (a veces con un propósito más oscuro: ahorrarse oro). Hoy día las monedas que manejamos contienen cantidades variables de cobre, las que más las de 10, 20 y 50 cts., hechas del llamado “oro nórdico”: 85% de Cu y 5% de Zn, Al y Sn. Las de 1, 2 y 5 cts. son prácticamente de Fe, pero están dotadas de una fina capa exterior de cobre y las de 1 € y 2 € también están hechas de cobre, pero aleado con Zn en la parte exterior dorada, y con Ni en las zonas plateadas.



Monedas de 1, 2 y 5 cts.

Acero (98% Fe). Fina capa exterior de Cu.



Monedas de 10, 20 y 50 cts.

“Oro nórdico” (88% Cu, 5% Al, 5% Zn, 5% Sn).



Monedas de 1 € y 2€.

Zona dorada (70% Cu, 24% Zn, 6% Ni).

Zona plateada (80% Cu, 20% Ni. Impurezas de Fe y Mn)

A las propiedades bactericidas podemos añadir que el cobre no se oxida. Bueno, en realidad lo hace, pero la delgadísima capa de óxido que se deposita, al no ser poroso, tiene el efecto protector de una capa de pintura. Como, además, es muy maleable, se convierte en el material ideal para las conducciones de agua, por ejemplo.

Y para terminar probablemente su propiedad más conocida, su excelente conductividad eléctrica, que lo vuelve imprescindible en la industria eléctrica.



Se publicó en: <http://fisquiweb.es> el 13 de enero de 2025