

## Capítulo 7

### FENOMENOS TERMICOS

#### EL ABANICO

Cuando las señoras se abanicen sienten fresco. Al parecer esto no perjudica a nadie, más bien al contrario, todos los presentes deben estarles agradecidos por enfriar el aire de la sala.

Veamos si esto es así en realidad. ¿Por qué sentimos fresco cuando nos abanicamos? El aire que está en contacto directo con nuestra cara se calienta y forma una especie de máscara de aire caliente que nos da "calor", es decir, que impide que sigamos cediendo calor. Cuando el aire que nos rodea está quieto, la capa que rodea la cara se desplaza muy lentamente empujada hacia arriba por el aire menos caliente y más pesado. Pero al abanicar nos quitamos la máscara de aire caliente antedicha y nuestra cara se pone en contacto con nuevas porciones de aire menos calientes a las cuales cede calor. Por esto, nuestro cuerpo se enfría y sentimos fresco.

De esto se deduce que cuando las señoras se abanicen apartan de sus rostros el aire caliente y lo reemplazan por aire fresco; cuando este último se calienta sigue la misma suerte y es sustituido por una nueva porción menos caliente, y así sucesivamente.

La acción de los abanicos acelera la remoción del aire y hace que la temperatura de éste se equilibre pronto en toda la sala, es decir, hace que las propietarias de los abanicos se sientan mejor a costa del aire más fresco que rodeaba al resto del público. En la acción del abanico interviene también otra circunstancia de la cual vamos a hablar a continuación.

[Volver al inicio](#)

#### ¿POR QUE HACE MAS FRIO CUANDO SOPLA EL VIENTO?

Los habitantes de los países fríos saben muy bien que cuando no hace viento se soportan mucho mejor las heladas que cuando lo hace. Pero no todos comprenden exactamente la causa de este fenómeno. Cuando hace viento sienten más frío los *seres vivos*, pero el termómetro no baja más por esto. La sensación de frío intenso que se nota cuando hiela y hace viento se debe, en primer lugar, a que la cara (y todo el cuerpo) cede mucho más calor que cuando el tiempo está en calma, es decir, que cuando el aire calentado por el cuerpo no se renueva rápidamente por otras porciones de aire frío. Cuanto más fuerte sea el viento, tanto mayor será la masa de aire que tiene tiempo de entrar en contacto con nuestro cuerpo durante cada minuto, por consiguiente, mayor será la cantidad de calor que cede nuestro cuerpo por minuto. Esto ya es suficiente de por sí para producir la sensación de frío. Pero existe además otra causa. Nuestra piel transpira humedad incluso cuando el aire está frío. Para esto hace falta calor; este calor procede de nuestro cuerpo y de la capa de aire que está en contacto con él. Cuando el aire está en reposo la transpiración es lenta, ya que la capa que está en contacto con la piel se satura pronto de vapor de agua (y en el aire saturado la evaporación no es intensa). Pero cuando el aire se mueve y se renueva constantemente el que está en contacto con la piel, la transpiración es abundante durante todo el tiempo y consume una gran cantidad de calor, que tiene que ceder el cuerpo.

¿Es muy grande la acción refrigerante del viento?. Depende de su velocidad y de la temperatura del aire. Por lo general es mayor de lo que generalmente se cree. Citaré un ejemplo que da una idea de la disminución de la temperatura que suele ocasionar el viento. Supongamos que el aire tiene una temperatura de  $+4^{\circ}\text{C}$  y que no hace viento en absoluto. En estas condiciones nuestra piel tiene  $31^{\circ}\text{C}$  de

temperatura. Si sopla un viento ligero, de los que apenas hacen que se muevan las banderas y que no mueven las hojas de los árboles (con velocidad de 2 m por seg.), la piel se enfría 7°C. Y cuando el viento hace que las banderas ondeen (velocidad de 6 m por seg.), el enfriamiento es de 22°C, es decir, la temperatura de la piel baja hasta ... ¡9°C! Estos datos han sido tomados del libro de N. N. Kalitin "Fundamentos de la Física atmosférica aplicada a la medicina". En este libro se pueden encontrar cosas muy interesantes.

De lo que acabamos de decir se desprende que para saber cómo se va a sentir una helada no es suficiente conocer la temperatura del aire, sino que hay que tener también en cuenta la velocidad del viento. Una misma helada se soporta, por lo general, peor en Leningrado que en Moscú, porque la velocidad media del viento a orillas del Mar Báltico es de 5-6 m por segundo, mientras que en Moscú es de 4,5 m por segundo solamente. Las heladas se soportan mejor aún en la Transbaikalia, donde la velocidad media del viento es de 1,3 m. Los famosos fríos de la Siberia Oriental, que llegan frecuentemente a 40-60°C bajo cero, no se sienten tanto como creemos en Europa los que estamos acostumbrados a los vientos fuertes. En la Siberia Oriental casi no hace viento en invierno.

[Volver al inicio](#)

### **EL HALITO SOFOCANTE DE LOS DESIERTOS**

"Quiere decir que el viento debe refrescar hasta cuando hace un calor bochornoso - es posible que diga el lector, después de lo que hemos dicho en el artículo anterior-, ¿Por qué hablan entonces los viajeros del *hálito sofocante* de los desiertos?"

Esta contradicción se explica, porque en los climas tropicales el aire suele estar *más caliente que nuestro cuerpo*. Por lo tanto, no tiene nada de particular que allí, cuando hace viento, sientan las personas más calor, puesto que en estas condiciones el calor no se transmite del cuerpo al aire, sino del aire al cuerpo. Por esto, cuanto mayor es la masa de aire que entra en contacto con el cuerpo cada minuto, tanto más fuerte es la sensación de calor. Es verdad que aquí también es mayor la transpiración cuando hace viento, pero la causa anterior desempeña un papel mucho más importante. Esta es la razón por la cual los habitantes del desierto, como los turkmenos, por ejemplo, llevan batas de abrigo y gorros de piel.

[Volver al inicio](#)

### **¿DAN CALOR LOS VELOS?**

Este es otro problema de la Física de la vida ordinaria. Las señoras aseguran que el velo abriga, que sin él se siente frío en el rostro. Pero los hombres, cuando ven un tejido tan tenue y de mallas tan amplias, no suelen dar crédito a esta afirmación y piensan que es pura fantasía de las mujeres.

No obstante, si recordamos lo dicho anteriormente, se comprende que hay que ser más crédulos. Por muy grandes que sean las mallas del velo, el aire que pasa por ellos pierde velocidad. Este tejido tan sutil retiene la capa de aire que está en contacto directo con la cara (y que calentada por ella le sirve de máscara de aire caliente), que ya no puede ser arrastrada por el viento tan fácilmente como sin el velo. Por esto no hay motivos para no creer que con el velo se enfría menos la cara que sin él, sobre todo cuando el frío no es muy intenso ni el viento muy fuerte.

[Volver al inicio](#)

### **JARRAS REFRIGERANTES**

Estas vasijas de arcilla porosa tienen la propiedad de que el agua que se echa en ellas se pone más fría que todas las cosas que hay a su alrededor. En España estas vasijas reciben el nombre de alcarrazas (botijos, jarras), en Egipto el de "goula" y en otros países se llaman de otras formas.

El secreto de la acción refrigerante de las alcarrazas es muy sencillo: el agua rezuma hacia afuera por las paredes de arcilla y se va evaporando poco a poco, con lo cual quita calor al recipiente y al líquido que tiene dentro.

Pero el enfriamiento que producen estas vasijas no puede ser muy grande y depende de muchas condiciones. Cuando más caliente esté el aire, más rápida e intensa será la evaporación del líquido que humedece la vasija por fuera y, por consiguiente, tanto más se enfriará el agua que hay dentro de ella. El enfriamiento también depende de la humedad del aire. Si el aire es muy húmedo, la evaporación será lenta y el agua se enfriará poco. Por el contrario, cuando el aire es seco se produce una evaporación intensa que hace que el agua se enfríe más. El viento también acelera la evaporación y facilita el enfriamiento. Esto último es cosa que sabe todo el mundo, por la sensación de frío que se nota (aunque el día sea caluroso) cuando se tienen los vestidos mojados y hace viento.

La disminución de temperatura que se consigue con las jarras refrigerantes no es mayor de 5°C. En días de calor meridional, cuando el termómetro marca 33°C, el agua de los recipientes refrigerantes tiene la temperatura de un baño templado, es decir, 28°C. Como vemos es una refrigeración inútil prácticamente. Pero en estas jarras se conserva muy bien el agua *fría*, y para esto es principalmente para lo que se emplean.

Podemos intentar hacer el cálculo del grado de enfriamiento del agua que se puede conseguir en las alcarrazas. Supongamos que éstas tienen una capacidad de 5 litros y que se evapora 1/10 parte de litro. Para que se evapore 1 litro de agua (1 kg) hace falta, en los días calurosos (33°C), cerca de 580 calorías. En nuestro caso se evapora 1/10 parte de kilogramo, por consiguiente, se consumirán 58 calorías. Si todo este calor se tomara del agua que hay en la alcarraza, su temperatura descendería 58/5 grados, es decir, *unos 12 grados*. Pero una gran parte del calor necesario para la evaporación se toma de las paredes de la propia alcarraza y del aire que la rodea; por otra parte, sobre el agua no sólo actúan estos factores, que tienden a enfriarla, sino también la acción del aire caliente exterior, que tiende a calentarla. Por esta razón, el enfriamiento apenas si llega a la mitad de la cifra antes obtenida. Tampoco es fácil decir dónde se refresca más el agua de estas jarras, al sol o a la sombra. Al sol la evaporación es más intensa, pero el calentamiento también es mayor. Por lo visto, lo mejor es ponerlas a la sombra y donde haga un poco de viento.

[Volver al inicio](#)

## **UNA "NEVERA" SIN HIELO**

En el enfriamiento que produce la evaporación se funda también el funcionamiento de una cámara frigorífica para conservar productos alimenticios, es decir, una especie de "nevera" sin hielo. Este frigorífico no es difícil de construir. Hay que hacer un cajón de madera (o mejor de chapa galvanizada) con anaqueles para poner los productos que se desea mantener frescos. En la parte superior del cajón se coloca una cubeta alargada con agua pura fría. En esta cubeta se sumerge el borde de un lienzo que cubre la parte posterior del cajón y que termina en otra cubeta, como la primera, situada debajo del anaquel inferior. El agua circula por el lienzo, lo mismo que si fuera por una mecha, y se va evaporando poco a poco, con lo que se refrigeran todos los departamentos de la "nevera".

Esta "nevera" debe ponerse en un sitio fresco de la casa y cada tarde hay que llenar de agua las cubetas, para que durante la noche se enfríe bien. Las cubetas y el lienzo deben estar limpios.

[Volver al inicio](#)

### ¿QUE CALOR PODEMOS SOPORTAR?

El hombre puede soportar más calor que se cree de ordinario. En los países del sur puede soportar temperaturas mucho mayores de las que en las latitudes medias consideramos inaguantables. En Australia Central, en verano, no es raro que el termómetro marque 46°C a la sombra (se ha llegado a observar temperaturas de hasta 55°C). Durante la travesía del Mar Rojo y en el Golfo Pérsico, en los camarotes de los barcos la temperatura llega a más de 50°C a pesar de la ventilación.

Las temperaturas más altas que se observan en la superficie de la Tierra no pasan de 57°C. Esta temperatura corresponde al llamado "Valle de la Muerte" en California. El sitio más templado de la Unión Soviética es el Asia Central, donde las temperaturas más altas no pasan de 50°C.

Todas estas temperaturas se refieren a la *sombra*. A propósito de esto, hay que aclarar por qué a los meteorólogos les interesa precisamente la temperatura a la sombra, y no al sol. Es el caso que el termómetro sólo puede medir la temperatura del *aire* a la sombra. Si el termómetro se pone al sol los rayos lo calientan mucho más que al aire que está a su alrededor y, por consiguiente, sus indicaciones no sirven para caracterizar el estado térmico del medio aéreo. Por esto, cuando hablamos de tiempo caluroso, carece de sentido referirse a las indicaciones de un termómetro puesto al sol.

Se han hecho experimentos para determinar cuál es la temperatura máxima que puede soportar el organismo humano. Resultó que en una atmósfera de *aire seco* y calentándolo paulatinamente nuestro organismo es capaz de resistir, no sólo la temperatura del agua hirviendo (100°C), sino a veces hasta la de 160°C, como lo demostraron los físicos ingleses Blagden y Centry, los cuales estuvieron horas enteras dentro de un horno de panadería calentado. "En el aire de un local en que el hombre puede permanecer sin detrimento para su salud se puede cocer un huevo o freír un bistec" - escribió Tyndall con motivo de este experimento.

¿Cómo se puede explicar esta resistencia? Por el hecho de que nuestro organismo no adquiere la temperatura del medio en que se encuentra, sino que conserva aproximadamente la suya normal. El organismo lucha contra el calentamiento segregando mucho sudor, cuya evaporación absorbe una parte considerable del calor de la capa de aire que está en contacto directo con la piel y de esta forma disminuye su temperatura. Pero son condiciones necesarias para el éxito del experimento las siguientes: primero, que el cuerpo no esté en contacto directo con la fuente de calor, y segundo, que el aire esté seco.

Por esto es más fácil soportar 37°C de calor en el Asia Central que 24°C en Leningrado, porque en Leningrado el aire es húmedo, mientras que en el Asia Central no llueve casi nunca<sup>1</sup>.

[Volver al inicio](#)

### ¿TERMOMETRO O BAROMETRO?

Es bastante popular la anécdota de aquel que no se quiso bañar por la siguiente causa:

- Metí el barómetro en el agua y marcó tempestad, ¡cómo me iba a bañar!

---

<sup>1</sup> En el mes de junio mi higrómetro de bolsillo marcó dos veces que la humedad era nula (el 13 y el 16 de junio de 1930).

Sin embargo, no siempre se puede distinguir con facilidad un termómetro de un barómetro. Hay unos termómetros, o mejor dicho, termoscopios, que con el mismo derecho se podrían llamar barómetros, y viceversa. Puede servir de ejemplo el antiquísimo termoscopio ideado por Herón de Alejandría (fig. 85). Cuando los rayos del sol calientan la esfera, el aire que hay en su parte superior se dilata, presiona sobre el agua y hace que ésta salga por el tubo encorvado.

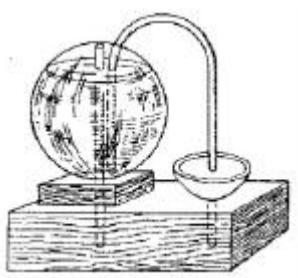


Figura 85. Termoscopio de Herón.

El agua comienza a gotear por el extremo de este tubo al embudo, desde donde después escurre al cajón inferior. Cuando hace frío, al contrario, el aire que hay en la esfera se contrae y la presión del aire exterior obliga al agua del cajón a subir por el tubo recto a la esfera.

Pero este aparato también es sensible a las variaciones de la presión barométrica. Cuando la presión exterior disminuye, el aire que hay dentro de la esfera conserva la presión anterior, que era más elevada, se dilata y hace que una parte del agua salga por el tubo encorvado y vaya a parar al embudo. Por el contrario, cuando la presión exterior aumenta, una parte del agua que hay en el cajón se ve obligada a pasar a la esfera debido a que la presión exterior es mayor. Cada grado de diferencia de temperatura produce aproximadamente la misma variación en el volumen del aire que hay en la esfera que una variación de presión de  $760/273=2,5$  mm de la columna de mercurio. En Moscú, por ejemplo, las oscilaciones barométricas alcanzan 20 o más milímetros, lo que corresponde a  $8^{\circ}\text{C}$  del termoscopio de Herón, es decir, esta disminución de la presión puede confundirse fácilmente con un aumento de temperatura de 8 grados.

Como puede verse, el antiguo termoscopio es en la misma medida un baroscopio. Hace tiempo se vendían barómetros de agua, que al mismo tiempo eran termómetros, aunque, por lo visto, ni el público ni el inventor sospechaban esto.

[Volver al inicio](#)

### **¿PARA QUE SIRVEN LOS TUBOS DE VIDRIO DE LAS LAMPARAS?**

Pocos son los que conocen el largo camino que tuvieron que recorrer los tubos de vidrio de las lámparas hasta llegar a adquirir la forma que ahora tienen. Durante muchos millares de años el hombre se alumbró con llama abierta. Fue necesario el genio de Leonardo de Vinci (1452-1519) para realizar el importante perfeccionamiento de las lámparas que supone el empleo de los tubos. Pero el tubo con que Leonardo rodeó la llama no era de vidrio, sino de metal. Tuvieron que pasar tres siglos más hasta que fue concebida la idea de sustituir el tubo metálico por un cilindro transparente de vidrio. El vidrio de las lámparas es, pues, un invento en el que tomaron parte decenas de generaciones.

Pero, ¿para qué sirve este tubo?

Lo más probable es que no todo el mundo pueda dar una respuesta acertada a esta pregunta tan natural. Porque la protección de la llama contra el viento no es más que una función secundaria del tubo. Su objetivo fundamental es aumentar el *brillo* de la llama acelerando la combustión. El papel de los tubos de las lámparas es análogo al de las chimeneas de las fábricas o de los hornos, es decir, intensificar el flujo de aire que llega a la llama o, como se suele decir, el "tiro".

Analicemos esto. La llama calienta la columna de aire que hay dentro del tubo mucho más de prisa que el aire que se halla alrededor de la lámpara. Este aire, una vez calentado, se hace más ligero y, de acuerdo con el principio de Arquímedes, es empujado hacia arriba por el aire, más frío y pesado, que entra por abajo a través de los orificios del mechero. De esta forma se mantiene una corriente continua de aire, que va de abajo hacia arriba, que arrastra los residuos de la combustión y trae aire fresco.

Cuanto más largo sea el tubo, tanto mayor será la diferencia de peso entre el aire caliente y el frío, más intensa será la corriente de aire fresco y, por consiguiente, la combustión será más rápida. Por esta misma razón se hacen tan altas las chimeneas de las fábricas.

Leonardo de Vinci comprendió perfectamente este fenómeno. Entre sus manuscritos hay una nota que dice: "Cuando se produce fuego se forma a su alrededor una corriente de aire que lo mantiene e intensifica".

[Volver al inicio](#)

### **¿POR QUE LA LLAMA NO SE APAGA A SI MISMA?**

Si se recapacita sobre el problema de la combustión, se plantea forzosamente la pregunta siguiente: ¿por qué la llama no se apaga a sí misma?

Los productos de la combustión, el anhídrido carbónico y el vapor de agua, son *incombustibles* y por lo tanto incapaces de mantener la combustión. La llama, pues, está rodeada desde el primer momento de sustancias incombustibles que impiden la llegada de aire, y como sin aire no es posible la combustión, debe apagarse.

¿Por qué no ocurre esto? ¿Por qué continúa la combustión mientras queda materia combustible? Porque los gases se dilatan al calentarse, y, por consiguiente, *se hacen más ligeros*. Únicamente por esto los productos de la combustión no se quedan junto a la llama en que se formaron, sino que inmediatamente son empujados hacia arriba por el aire fresco. Si el principio de Arquímedes no se extendiera a los gases (o no existiera la gravedad) todas las llamas se apagarían de por sí a poco de empezar a arder.

Convencerse del efecto tan funesto que producen en la llama los productos de la combustión es cosa fácil. Generalmente nos servimos de este efecto, inconscientemente, cuando apagamos una lámpara.

¿Qué hacemos para apagar una lámpara de petróleo? Soplamos por arriba, es decir, hacemos que los productos incombustibles de la combustión vuelvan hacia abajo, hacia la llama; esta última deja de recibir aire y se apaga.

[Volver al inicio](#)

### **EL CAPITULO QUE LE FALTA A LA NOVELA DE JULIO VERNE**

Julio Verne nos cuenta detalladamente en su novela "De la Tierra a la Luna" como sus intrépidos personajes pasaban el tiempo dentro de un proyectil lanzado hacia la Luna. Pero no nos dice cómo Michel Ardan cumplía sus funciones de cocinero en esta situación tan extraordinaria. Por lo visto, el novelista creía que cocinar dentro de un proyectil en vuelo no presenta dificultades dignas de ser descritas. Si esto es así, estaba en un error, porque dentro de un proyectil en vuelo todos los objetos *se*

*hacen ingravidos*\*<sup>2</sup>. Julio Verne se olvidó de esto. No obstante, las peripecias que ocurrirían en una cocina ingravida durante la preparación de la comida son dignas de la pluma de un novelista. Es una lástima que un escritor de tanto talento como Julio Verne no prestase atención a un tema como éste. En vista de esto, procuraré llenar como pueda el hueco del capítulo que le falta a la novela citada, para darle al lector una idea de lo interesante que hubiera sido esto descrito por el gran novelista. Cuando el lector lea este artículo no debe olvidar que dentro del proyectil no *existe el peso*, es decir, que todos los objetos son *imponderables*.

[Volver al inicio](#)

## EL DESAYUNO EN LA COCINA INGRAVIDA

- Queridos amigos, aún no hemos desayunado - dijo Michel Ardan a sus compañeros de viaje interplanetario -. El hecho de que hayamos perdido nuestro peso en este proyectil no significa que hayamos perdido también el apetito. Ahora mismo les haré un desayuno imponderable que sin duda será el más ligero de cuantos se han hecho hasta ahora en el mundo.

Y sin aguardar contestación se puso a cocinar.

- Esta botella de agua simula que está vacía - murmuró para sí Ardan, mientras abría una gran botella -. Pero no me engañará. Yo sé por qué no pesa ... Bueno, ya hemos sacado el tapón. Haz el favor de verter en la cacerola tu ingravido contenido.

Por más que inclinaba la botella, el agua no salía.

- No te canses, querido Ardan - dijo Nicholl, acudiendo en su ayuda -- Recuerda que en nuestro proyectil no existe la gravedad y por eso el agua no se derrama. Tendrás que *sacarla* de ahí como si fuera un jarabe espeso.

Ardan no se paró a pensarlo y dio con la palma de la mano un golpe sobre el fondo de la botella. Le esperaba otra sorpresa. En la boca de la botella se formó una bola de agua como un puño de grande.

- ¿Qué le pasa al agua? - se extrañó Ardan -. ¡Esto sí que es una sorpresa! Decídmelo, amigos científicos, ¿qué le pasa al agua?

- Esto no es más que una *gota*, querido Ardan, una simple gota de agua. En el mundo de la ingravidez las gotas pueden ser todo lo grandes que quieras. Recuerda que si los líquidos toman la forma de los recipientes que los contienen, si se derraman formando chorro, etc., es debido a la gravedad. Aquí no existe gravedad, por lo tanto, el líquido está sometido únicamente a sus fuerzas moleculares internas y deberá tomar la forma de esfera, lo mismo que el aceite en el célebre experimento de Plateau.

- ¡Qué me importa a mí Plateau con su experimento! Lo que me hace falta es hervir el agua para el caldo y no hay fuerza molecular que me lo impida - dijo Michel acalorado.

Empezó a sacudir el agua sobre la cacerola, que planeaba en el aire, pero parecía que todo se había confabulado contra él.

Las grandes bolas de agua llegaban a la cacerola y se extendían por su superficie. Pero esto no era todo. Desde las paredes internas el agua se corría a las externas y seguía extendiéndose por ellas. Pronto la cacerola estuvo envuelta en una gran capa de agua. En estas condiciones no había manera de hervirla.

- Esto es un experimento muy interesante que demuestra lo poderosa que es la fuerza de la cohesión - le explicaba tranquilamente Nicholl al furibundo Ardan -- No te pongas nervioso, esto es el caso corriente

---

<sup>2</sup> La explicación detallada de este fenómeno se da en el primer libro de "Física Recreativa" y en mis libros "Viajes interplanetarios", "A las estrellas en un cohete" y "En cohete a la Luna".

de un líquido que moja a un sólido, con la particularidad de que en este caso la gravedad no impide que este fenómeno se desarrolle con toda su fuerza.

- ¡Qué lástima que no lo impida! - repuso Ardan -. Moje o no moje, el agua debe estar *dentro* de la cacerola y no *alrededor* de ella. ¡Vaya novedad! ¡Qué cocinero puede hacer un caldo en estas condiciones!

- Si tanto te molesta que el agua moje la cacerola, puedes evitarlo fácilmente - intervino Barbicane para tranquilizarlo. Acuérdate de que el agua no moja los cuerpos que están recubiertos de grasa, aunque la capa sea muy delgada. Engrasa por fuera tu cacerola y verás como el agua se queda dentro de ella.

- ¡Bravo! ¡Esto es sabiduría! - celebró Ardan y puso en práctica el consejo. Después empezó a calentar el agua a la llama de un mechero de gas.

Realmente todo se unía contra Ardan. El mechero de gas también se encaprichó. Ardió medio minuto con llama mortecina y se apagó sin saber por qué.

Ardan le daba vueltas al mechero, cuidaba con paciencia su llama, pero todo era inútil. La llama se apagaba.

- ¡Barbicane! ¡Nicholl! ¿Es posible que no haya manera de hacer que arde este mechero como es debido, como mandan las leyes de vuestra Física y las normas de las compañías de gas? - exclamó Michel, dirigiéndose a sus amigos.

- Lo que ocurre no es ni extraordinario ni inesperado - le explicó Nicholl -. Esta llama arde como mandan las leyes de la Física. En cuanto a los compañías de gas ... creo que se arruinarían si no existiera la gravedad. Durante la combustión, como tú sabes, se forma anhídrido carbónico y vapor de agua, es decir, gases que no arden. En condiciones normales estos productos de la combustión no se quedan junto a la llama, sino que, como están calientes, son empujados hacia arriba por el aire fresco, que es más pesado. Pero aquí no hay gravedad, por lo tanto, los productos de la combustión se quedan allí donde se producen, rodean la llama con sus gases incombustibles e impiden que llegue hasta ella el aire puro. Por eso aquí arde la llama tan débilmente y se apaga pronto. Los extintores de incendios se basan precisamente en esto, en rodear la llama de un gas incombustible.

- Según dices - le interrumpió Ardan -, si en la Tierra no hubiera gravedad no harían falta los bomberos. Los incendios se apagarían solos, ahogados por su propia exhalación.

- Exactamente. Y ahora, para remediar esto, enciende otra vez el mechero y vamos a soplarle a la llama. Yo creo que conseguiremos crear un tiro artificial y que la llama arderá como en la Tierra. Así lo hicieron. Ardan volvió a encender el mechero y empezó a cocinar con cierta alegría maliciosa de ver como Nicholl y Barbicane soplaban y abanicaban la llama para que no le faltase aire. Ardan sentía en el fondo de su alma que sus amigos y su ciencia eran los culpables de "toda esta barahúnda".

- Manteneís el tiro como si fuerais la chimenea de una fábrica - susurró Ardan -. Os tengo lástima, queridos científicos, pero si queréis desayunar caliente no hay más remedio que acatar lo que manda vuestra Física.

Transcurrió un cuarto de hora, media hora, una hora y ... el agua no daba ni señales de empezar a hervir.

- ¡Ten paciencia, querido Ardan! ¿Sabes por qué el agua común, la que pesa, se calienta pronto?

Porque en ella se mezclan las capas. Las inferiores, más calientes y menos pesadas, son desplazadas hacia arriba por las más frías. Así se calienta rápidamente todo el líquido. ¿No has intentado nunca calentar agua por arriba? Cuando se hace esto no se produce la remoción de las capas del líquido, puesto que las superiores se calientan y se quedan arriba. Y como el agua conduce mal el calor, se puede hacer que las capas superiores hiervan, mientras que en las inferiores puede haber trozos de hielo



que no se derriten. En nuestro mundo sin gravedad puedes calentar el agua por el lado que quieras, el resultado es el mismo, porque como en la cacerola no se puede producir la circulación, el agua se calienta muy despacio. Si quieres que se caliente más de prisa tendrás que removerla tú mismo constantemente.

Nicholl advirtió a Ardan que no era conveniente calentar el agua hasta los  $100^{\circ}\text{C}$ , ya que a esta temperatura se genera mucho vapor, el cual, como tiene aquí el mismo peso específico que el agua (ambos iguales a cero), se mezcla con ella y forma una espuma homogénea.

Los guisantes jugaron otra mala pasada. Cuando Ardan abrió el saquito en que estaban y lo sacudió, los guisantes se esparcieron por el aire y empezaron a deambular por el camarote chocando contra las paredes y rebotando en ellas. Estos guisantes errabundos por poco ocasionan una desgracia. Nicholl suspiró y se tragó uno de ellos; empezó a toser y poco faltó para que se ahogase. Para liquidar este peligro y limpiar el aire, nuestros amigos tuvieron que dedicarse a la caza de los guisantes con una redcilla de mano que llevaba Ardan para "cazar mariposas en la Luna".

Cocinar en estas condiciones era verdaderamente un problema. Ardan llevaba razón cuando decía que aquí hubiera fallado hasta el mejor cocinero.

Freír el bistec también costó lo suyo. Hubo que tener la carne sujeta todo el tiempo con un tenedor, porque los vapores elásticos que se formaban entre ella y la sartén empujaban y la carne a medio freír salía volando hacia "arriba", si es que esta palabra se podía emplear allí, donde no había ni "arriba" ni "abajo".

En este mundo sin gravedad el desayuno era un espectáculo digno de verse. Nuestros amigos estaban suspendidos en el aire en las posturas más absurdas y pintorescas y con frecuencia se daban cabezazos unos a otros. A nadie se le ocurrió sentarse. Las sillas, los divanes, los bancos, son totalmente inútiles en el mundo de la ingravidez. En realidad, la mesa tampoco hacía falta, pero Ardan se empeñó en que había que desayunar "en la mesa".

Comerse el caldo no fue más fácil que guisarlo. En primer lugar, no había manera de echarlo en las tazas. Ardan hizo la prueba y poco faltó para que echara a perder su trabajo de toda la mañana. Como el caldo no se vertía, se olvidó de la ingravidez y dio un golpe en el fondo de la cacerola para hacerlo salir. De la cacerola se desprendió una enorme gota esférica. Era el caldo en forma de bola. Ardan tuvo que poner en juego sus dotes de malabarista para recuperar la gota y volver el caldo a la cacerola.

Los intentos de usar las cucharas fracasaron. El caldo mojaba toda la cuchara, hasta los dedos, como si fuera una película continua. Decidieron engrasar las cucharas por fuera, para que el caldo no las mojase, pero el resultado no fue mejor. El caldo formaba en ellas una bola y no había manera de hacer llegar estas píldoras ingravidas hasta la boca.

Nicholl encontró por fin una solución. Hicieron unos tubos de papel encerado y con ellos absorbieron el caldo. Este procedimiento fue el que usaron en adelante, mientras duró el viaje, para beber agua, vino y todos los demás líquidos<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Muchos lectores de las ediciones anteriores de este libro me han escrito expresando sus dudas con respecto a la posibilidad de beber agua en un medio sin gravedad, incluso por el último procedimiento que hemos indicado, puesto que el aire que se encuentra dentro del proyectil en vuelo es ingravido y, por lo tanto, no ejerce presión sobre el líquido, y no existiendo presión, tampoco se puede beber por succión. Aunque parezca raro, esta misma objeción fue expresada en la prensa por algunos de mis críticos. Sin embargo, es evidente que en estas condiciones la ingravidez del aire no es óbice para que exista presión, puesto que el aire que se encuentra dentro de un espacio cerrado cualquiera presiona sobre sus paredes, no porque tiene peso, sino porque como todo cuerpo gaseoso tiende a extenderse indefinidamente. En el espacio libre que hay junto a la superficie terrestre la *gravedad* desempeña el papel

[Volver al inicio](#)

## **LA ALIMENTACION EN EL COSMOS**

La preparación de los vuelos espaciales de gran duración ha hecho necesario que se estudie seriamente el problema de la alimentación en el cosmos. Se han ideado pastas alimenticias especiales que se envasan en tubos parecidos a los de la pasta de los dientes. Las naves cósmicas llevan el agua en unos depósitos especiales, provistos de unos tubos flexibles. Para beber se absorbe el agua por estos tubos. Los alimentos sólidos, como el pan, la carne, etc., van empaquetados en pequeñas porciones que pueden llevarse directamente a la boca.

El cosmonauta N° 4, Pável Popóvich, además de la ración correspondiente, se llevó una "vobla"<sup>4</sup>, que durante el vuelo se comió con mucho apetito.

[Volver al inicio](#)

## **¿POR QUE EL AGUA APAGA EL FUEGO?**

Esta es una pregunta muy sencilla, pero que no todos saben contestar bien. Esperamos que el lector no se quejará si explicamos brevemente en qué consiste la acción del agua sobre el fuego.

En primer lugar, cuando el agua entra en contacto con el objeto que arde se convierte en vapor, con lo cual quita mucho calor al cuerpo en combustión. Para que el agua hirviendo se convierta en vapor hace falta una cantidad de calor cinco veces mayor que para hacer que una cantidad igual de agua fría se caliente hasta 100°C.

En segundo lugar, el vapor que se forma ocupa un volumen centenares de veces mayor que el que tenía el agua que lo engendró; estos vapores rodean al cuerpo que se quema, desplazan el aire y, cuando este último falta, cesa la combustión.

En algunas ocasiones, para aumentar el efecto extintor del agua se le echa ... ¡pólvora! Esto, que puede parecer raro, es perfectamente lógico, ya que la pólvora arde muy de prisa y produce una gran cantidad de gases incombustibles, los cuales rodean los objetos que se queman y apagan el fuego.

[Volver al inicio](#)

## **EL FUEGO SE PUEDE APAGAR CON FUEGO**

El lector quizás haya oído decir que el mejor procedimiento, y a veces el único, que se puede emplear para cortar los incendios en los bosques o en las estepas es el de incendiar el bosque o la estepa por el lado opuesto. Las nuevas llamas se lanzan al encuentro del incendio desencadenado y, como destruyen el material que podía arder, hacen que el fuego no tenga de qué alimentarse. Cuando los dos muros de fuego se encuentran, se apagan en el acto, como si se devorasen entre sí.

Muchos habrán leído en la novela de James Cooper "The Prairie"<sup>5</sup> cómo se empleaba este procedimiento para apagar el fuego en los incendios de las estepas norteamericanas. ¿Se puede acaso olvidar el momento tan dramático en que el viejo trampero salva de una muerte segura a sus compañeros de viaje, cuando fueron sorprendidos por el incendio en la estepa?

A continuación reproducimos este episodio de "The Prairie".

de paredes que impiden la expansión del gas. Por lo visto, la costumbre de apreciar esta relación es la que ha hecho que se confundan mis críticos.

<sup>4</sup> Pescado en salazón.

<sup>5</sup> "La Pradera".

"El viejo tomó de improviso un aspecto decidido.

- Ha llegado la hora de actuar.

- ¡Se ha dado usted cuenta demasiado tarde, viejo desgraciado! -gritó Middleton -. El fuego está ya a un cuarto de milla de nosotros y el viento le empuja hacia aquí con una fuerza horrorosa.

- ¡Conque fuego! ¡Como si yo me asustara del fuego! ¡Venga, valientes, manos a la obra! ¡Arrancad esta hierba seca hasta que la tierra quede como la palma de la mano!

Pronto quedó libre de hierba un espacio que tendría veinte pies de diámetro. El trampero llevó a las mujeres a un extremo de este pequeño espacio y les dijo que se cubrieran los vestidos con las mantas, porque si no se podían incendiar. Después de tomar esta precaución se fue al otro extremo, donde el elemento desencadenado rodeaba a los viajeros con su peligroso cerco, cogió un puñado de la hierba más seca, la puso en la cazoleta del rifle y disparó. La hierba reseca se incendió en el acto. El viejo la tiró a un alto matorral, se retiró al centro del círculo y se puso a esperar el resultado de su obra. El elemento destructor se lanzó como hambriento sobre su nueva presa y pronto las llamas lamían la hierba.

- Ahora - dijo el viejo -, verán ustedes como el fuego acaba con el fuego.

- ¿Pero esto no es más peligroso? - exclamó Middleton ¿No acerca usted el enemigo, en lugar de alejarlo?

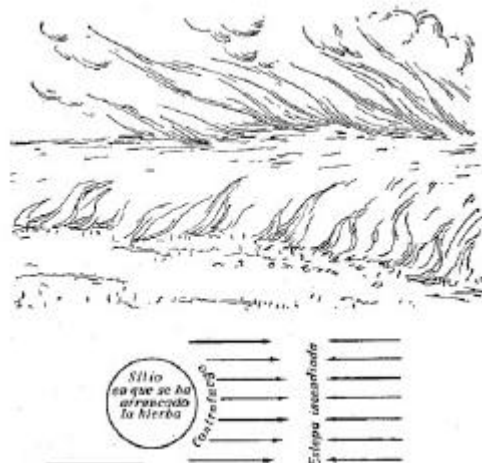


Figura 86. El fuego apaga el incendio de la estepa (pradera).

El fuego recién encendido iba en aumento y se extendía en tres direcciones, detenido en la cuarta por falta de alimento. A medida que crecía y tomaba fuerza iba limpiando todo el espacio que tenía delante. Detrás del fuego quedaba un suelo negro y humeante mucho más despejado que si hubieran segado la hierba. La situación de los fugitivos habría sido más crítica si el sitio que antes limpiaron no fuera en aumento a medida que las llamas los iban rodeando por las otras partes. Al cabo de unos minutos las llamas retrocedían en todas direcciones dejando a aquella gente envuelta en nubes de humo, pero fuera del peligro de ser alcanzados por el torrente de fuego que seguía avanzando impetuosamente. Los viajeros contemplaban el simple procedimiento que había utilizado el trampero con la misma admiración que dicen que los palaciegos de Fernando el Católico miraban cómo Colón ponía el huevo de pie”.

Pero este procedimiento de apagar incendios en las estepas y en los bosques no es tan sencillo como parece. El contrafuego sólo pueden emplearlo personas de gran experiencia, de lo contrario la catástrofe puede ser todavía mayor.

Para que el lector comprenda qué pericia hace falta para esto, bastará que se pregunte: ¿por qué el fuego que prendió el trampero iba al encuentro del incendio, en lugar de hacerlo en sentido contrario? No hay que olvidar que el viento soplabá del lado del incendio y le empujaba hacia los viajeros. Al parecer, el nuevo incendio producido por el viejo trampero no debía ir al encuentro del mar de fuego, sino por la estepa hacia atrás. Si hubiera ocurrido esto, los viajeros se hubieran visto envueltos en un anillo de fuego y habrían perecido irremediamente.

¿En qué consistía el secreto del trampero?

En el conocimiento de una ley física muy sencilla. Aunque el viento soplabá de la dirección en que ardía la estepa hacia los viajeros, *más adelante, cerca del fuego*, tenía que haber una corriente de aire contraria, que fuera *en dirección* a las llamas. No podía ser de otra forma, porque el aire que se calienta sobre el mar de fuego se hace más ligero y es desplazado hacia arriba por el aire fresco que llega de todas partes de la estepa no tocadas aún por las llamas. Por esto, cerca del límite del fuego se produce *un tiro de aire que va al encuentro del incendio*. El fuego contrario hay que encenderlo precisamente en el momento en que el incendio se aproxima lo suficiente para que se note este tiro de aire. Esto es lo que esperaba el trampero, que no comenzó a obrar antes de tiempo, sino que aguardó tranquilamente el momento oportuno. Si hubiera prendido fuego a la hierba un poco antes, cuando aún no se había establecido el tiro, el fuego se habría propagado en sentido contrario y la situación de aquel grupo de personas hubiese sido desesperada. Por el contrario, un pequeño retraso también podía resultar fatal, ya que el fuego hubiera llegado demasiado cerca.

[Volver al inicio](#)

### **¿SE PUEDE HERVIR AGUA EN AGUA HIRVIENDO?**

Coja usted una botella pequeña (un tarro o un frasquito), llénela de agua y métala en una cacerola que contenga agua pura y que esté puesta a la lumbre. Haga usted esto de forma que el frasco no toque el fondo de la cacerola. Lo mejor para esto es colgarlo con un alambre. Cuando el agua de la *cacerola* comienza a hervir parece que acto seguido también hervirá el agua del frasquito. Sin embargo, puede usted esperar cuanto quiera, el agua del frasco se calentará, se pondrá muy caliente, pero no hervirá. Es decir, el agua hirviendo resulta poco caliente para hacer que hierva el agua del frasco.

Esto que parece sorprendente era de esperar, porque para hacer que hierva el agua no basta calentarla hasta 100°C; hay que comunicarle además la cantidad de calor necesaria para que pase al nuevo estado de agregación, es decir, a vapor.

El agua pura hierve a 100°C; en condiciones normales su temperatura no aumenta por mucho que la calentemos. Quiere decir, que la fuente de calor con que calentamos el agua del frasquito tiene 100°C y, por lo tanto, solamente puede calentarla hasta 100°C. En cuanto se equilibran las temperaturas, *el agua de la cacerola deja de ceder calor a la del frasco*. Es decir, por este procedimiento no podemos conseguir que el agua del frasco adquiera la reserva de calor necesaria para pasar del estado líquido al gaseoso (cada gramo de agua, calentada hasta 100°C, necesita más de 500 calorías para pasar a vapor). Esta es la causa de que el agua del frasco, aunque se caliente, no llegue a hervir.

Pero puede plantearse la pregunta: ¿en qué se diferencia el agua del frasco de la que hay en la cacerola? ¿No son acaso iguales? Lo único que ocurre es que están separadas por las paredes de vidrio, ¿por qué no hierve entonces?

Porque precisamente esas paredes de vidrio impiden que el agua que hay dentro del frasco tome parte en las corrientes que remueven todo el agua de la cacerola. Cada una de las partículas de agua de la cacerola puede ponerse en contacto directo con su fondo caldeado, mientras que el agua del frasco solamente tiene contacto con el agua hirviendo.

De esto se deduce que con agua hirviendo no se puede hacer que hierva el agua. Pero si en la cacerola se echa un puñado de sal, las circunstancias cambian. El agua salada hierve a más de  $100^{\circ}\text{C}$  y, por consiguiente, puede hacer a su vez que hierva el agua pura contenida en el frasco de vidrio.

[Volver al inicio](#)

### ¿PUEDE LA NIEVE HACER HERVIR EL AGUA?

Si no fue posible hacerla hervir con agua hirviendo - dirá el lector -, ¿cómo vamos a conseguirlo con nieve?

Pero en vez de contestar apresuradamente, haga usted el experimento siguiente (aunque sea con el mismo frasco de antes):



Figura 87. El agua del frasco hierve cuando se le echa agua fría

Llene usted el frasco de agua hasta la mitad y métalo en *agua salada* hirviendo. Cuando empiece a hervir el agua del frasco, sáquelo de la cacerola y tápele con un tapón bien ajustado. Póngalo boca abajo y espere hasta que dentro deje de hervir el agua. En cuanto esto ocurra, rocíe el frasco con agua hirviendo. El agua que hay dentro no hervirá. Pero si sobre la base del frasco pone un poco de nieve o simplemente echa sobre ella agua fría, como muestra la fig. 87, verá usted como el agua empieza a hervir ... ¡La nieve hace lo que el agua hirviendo no pudo hacer!

La cosa resulta más misteriosa, porque si se toca el frasco se nota que no está muy caliente. No obstante, vemos con nuestros propios ojos que el agua hierve dentro de él.

El secreto es el siguiente: cuando la nieve enfría el frasco, el vapor que hay dentro de él se condensa y forma gotas de agua. Pero como dentro del frasco no hay aire (o hay poco), porque fue expulsado mientras el agua hervía, resulta que este agua estará ahora sometida a una presión mucho menor. Por otra parte sabemos que cuando la presión disminuye el líquido puede hervir a menor temperatura. Por consiguiente, en nuestro frasco tenemos agua hirviendo, aunque no *está muy caliente*.

Si las paredes del frasco son delgadas, la condensación instantánea del vapor puede producir una especie de estallido, porque la presión del aire exterior, al no encontrar resistencia dentro del frasco,

puede aplastarlo (por eso la palabra "estallido" no es la más a propósito en este caso). Para evitar esto es preferible usar un frasco esférico (un matraz de fondo convexo, por ejemplo), en este caso aire presionará sobre una "bóveda".



Figura 88. Resultado asombroso del enfriamiento de la lata.

Este experimento es más seguro si se hace con una lata de las que sirven de envase al aceite.



Figura 89. "Experimentos científicos" de Mark Twain.

Después de hervir en una de estas latas un poco de agua, se le atornilla bien el tapón y se le echa por fuera agua fría. La lata llena de vapor será aplastada inmediatamente por la presión del aire exterior, puesto que dentro de ella el vapor se enfría y se condensa formando agua. La lata quedará abollada por la presión del aire lo mismo que si le hubieran dado un martillazo (fig. 88).

[Volver al inicio](#)

### "SOPA DE BAROMETRO"

En su libro "A Tramp Abroad" (Viaje al extranjero) el humorista norteamericano Mark Twain cuenta un caso que le ocurrió durante su viaje a los Alpes, caso, claro está, inventado por él.

"Terminaron nuestros contratiempos; la gente pudo descansar y yo, por fin, pude dedicarme a la parte científica de la expedición. Ante todo quise determinar con el barómetro la altura del lugar donde estábamos. Pero, sintiéndolo mucho, no conseguí ningún resultado. Por mis lecturas científicas yo sabía que para obtener los datos necesarios había que hervir ... el termómetro o el barómetro. Pero como no recordaba exactamente cuál de los dos, decidí hervir ambos.

A pesar de todo no obtuve ningún resultado. Examiné ambos aparatos y me convencí de que estaban totalmente estropeados. Del barómetro no quedó más que la aguja de cobre y del termómetro pendía una gota de mercurio ...

Busqué otro barómetro. Estaba completamente nuevo y era magnífico. Lo herví durante media hora en un puchero, donde el cocinero hacía sopa de habas. El resultado fue sorprendente. El instrumento dejó de funcionar, pero la sopa tomó un gusto a barómetro tan fuerte, que el cocinero - que no era tonto - cambió su nombre en el menú. El nuevo plato fue muy elogiado por todos y yo di la orden de que cada día hicieran sopa de barómetro. El barómetro quedó completamente inutilizado, pero no lo sentí. Como no me sirvió para determinar la altura del lugar, ¿para qué lo quería?"

Ahora, dejando las bromas, procuremos contestar a la pregunta siguiente: ¿qué instrumento era el que había que "hervir", el termómetro o el barómetro?

El termómetro. ¿Por qué? Porque como hemos visto en el experimento anterior, cuanto menor es la presión que soporta el agua tanto más baja es su temperatura de ebullición. Como al subir a una montaña la presión atmosférica disminuye, al mismo tiempo deberá bajar la temperatura de ebullición del agua. Y, efectivamente, al variar la presión atmosférica se observan las siguientes temperaturas de ebullición del agua:

| Presión barométrica en mm Hg. | Temperatura de ebullición, en °C |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 787,7                         | 101                              |
| 760                           | 100                              |
| 707                           | 98                               |
| 657,5                         | 96                               |
| 611                           | 94                               |
| 567                           | 92                               |
| 525,5                         | 90                               |
| 487                           | 88                               |
| 450                           | 86                               |

En Berna (Suiza), donde la presión atmosférica media es de 713 mm, el agua hierve en las vasijas abiertas a 97,5 grados, y en el Mont Blanc, donde el barómetro marca 424 mm, el agua hierve a 84,5 grados solamente. La temperatura de ebullición del agua desciende 3°C por cada kilómetro de elevación. Por lo tanto, si medimos la temperatura a que hierve el agua (o como dice Mark Twain, si "hervimos el termómetro") y *buscamos después en la tabla correspondiente*, podemos hallar la altura del lugar. Pero para esto hay que tener una tabla hecha de antemano, cosa de la que se olvidó Mark Twain.

Los instrumentos que se emplean para esto se llaman hipsómetros, son tan fáciles de transportar como los barómetros metálicos, pero proporcionan unos datos mucho más exactos.

El barómetro también puede servir para determinar la altura de un lugar, puesto que directamente, y sin "hervirlo", indica la presión atmosférica. Cuanto mayor sea la altura a que nos elevemos, menor será la presión. Pero en este caso también hay que tener tablas, indicadoras de cómo disminuye la presión del aire a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, o conocer las fórmulas necesarias. Todo esto fue lo que se mezcló en la imaginación del humorista y le indujo a "hacer sopa de barómetro".

[Volver al inicio.](#)

### ¿ESTA SIEMPRE CALIENTE EL AGUA HIRVIENDO?

El bravo ordenanza Ben-Zouf, que el lector conoce seguramente por la novela de Julio Verne "Hector Servadac", estaba completamente seguro de que el agua hirviendo tiene siempre y en todas partes la misma temperatura. Es de suponer que habría seguido pensando así durante toda su vida si el azar no hubiera tenido a bien lanzarlo, junto con su jefe Servadac, a un ... cometa. Este astro caprichoso chocó con la Tierra, arrancó de ella el pedazo en que estaban precisamente ambos héroes, y se los llevó siguiendo su órbita elíptica. Fue entonces cuando el ordenanza pudo comprobar por experiencia propia que el agua hirviendo no está siempre igual de caliente. Este descubrimiento lo hizo inesperadamente, mientras preparaba el desayuno.

"Ben-Zouf echó agua en la cacerola, la puso en la plancha de la cocina y esperó a que empezara a hervir para poner a cocer los huevos, que le parecían huecos porque pesaban poco.

Antes de dos minutos ya estaba hirviendo el agua.

- ¡Diablos, cómo calienta el fuego! - exclamó Ben-Zouf.

- No es que el fuego caliente más - le dijo Servadac después de pensarlo -, lo que pasa es que el agua hierve antes.

Cogió un termómetro centígrado que había en la pared y lo metió en el agua hirviendo. El termómetro marcó sesenta y seis grados solamente.

- ¡Oh! - exclamó el oficial -. ¡El agua hierve a sesenta y seis grados, en vez de a cien!

- ¿Qué hacer, capitán?

- Te aconsejo, Ben-Zouf, que cuezas los huevos durante un cuarto de hora.

- Se van a poner duros.

- No, querido, apenas si estarán pasados por agua.

Este fenómeno se debía sin duda a la disminución de la altura de la capa atmosférica. La columna de aire sobre la superficie del suelo había disminuido casi en una tercera parte, por esto el agua, sometida a menos presión, hervía a sesenta y seis grados, en vez de a cien. Un fenómeno semejante ocurriría en la cumbre de una montaña que tuviera 11.000 m de altura. Si el capitán hubiera tenido un barómetro le habría podido demostrar esta disminución de la presión atmosférica".

No vamos a poner en duda las observaciones de nuestros héroes. Ellos afirman que el agua hirvió a los 66°C y nosotros admitimos esto como un hecho. Pero es muy extraño que pudieran sentirse tan bien en una atmósfera tan enrarecida.

El autor de "Servadac" lleva razón cuando dice que un fenómeno semejante podría observarse a la altura de 11.000 m. En estas condiciones, como confirman los cálculos<sup>6</sup>, el agua debe hervir a 66°C. Pero la presión atmosférica debería ser entonces de 190 mm de la columna de mercurio, es decir, exactamente la cuarta parte de la normal. En el aire enrarecido hasta un grado como éste casi no se puede respirar. Estas alturas están ya en la estratosfera. Y nosotros sabemos que pilotos que volaron a 7 u 8 kilómetros de altura, sin caretas de oxígeno perdieron el conocimiento por falta de aire, mientras que Servadac y su asistente no se sentían mal. Fue una suerte que Servadac no tuviera un barómetro a mano, de lo contrario el novelista se hubiera visto obligado a hacer que este instrumento marcara una cifra diferente de la que le correspondía de acuerdo con las leyes de la Física.

---

<sup>6</sup> Efectivamente, si como dijimos antes (pág. 160) el punto de ebullición del agua desciende en 3°C por cada kilómetro que nos elevamos, para que la temperatura de ebullición descienda hasta 66°C hay que subir  $34:3=11$  km aproximadamente.



Si nuestros héroes no hubieran caído en un cometa imaginario, sino en el planeta Marte, por ejemplo donde la presión atmosférica no es mayor de 60-70 mm, habrían visto hervir el agua a 45 grados.

Por el contrario, en el fondo de las minas profundas, donde la presión atmosférica es bastante mayor que en la superficie de la tierra, el agua hirviendo está muy caliente. En una mina que tenga 300 m de profundidad el agua hierve a 101°C y a la profundidad de 600 m lo hará a 102°C.

En las calderas de las máquinas de vapor el agua hierve a una presión muy elevada. Por ejemplo, a 14 atmósferas el agua hierve a ... ¡200°C! Y al revés, bajo la campana de una máquina neumática se puede hacer que el agua hierva a la temperatura ambiente normal, es decir, a 20°C.

La medicina aeronáutica y cósmica han puesto de manifiesto que la acción funesta de la altura sobre el organismo humano no se reduce a la falta de aire para la respiración. La disminución brusca de la presión atmosférica también es un fenómeno muy peligroso que puede ocurrir, por ejemplo, en el caso en que un meteoro deteriore el revestimiento de una nave cósmica. Si esto ocurre, los gases que se hallan disueltos en la sangre comienzan a desprenderse enérgicamente y la sangre hierve en realidad. Este mismo peligro amenaza a los buzos inexpertos si suben a la superficie demasiado de prisa. Este fenómeno se conoce con el nombre de "enfermedad de descompresión".

[Volver al inicio](#)

### **HIELO CALIENTE**

Hasta ahora hemos hablado de agua que hierve estando "fría", pero hay otro fenómeno más interesante, el *hielo caliente*. Estamos acostumbrados a pensar que el agua no puede encontrarse en estado sólido a temperaturas mayores de 0°C. No obstante, las investigaciones llevadas a cabo por el físico norteamericano Bridgman demostraron que esto no es así. Si el agua está sometida a una gran presión puede pasar al estado sólido y permanecer en él a temperaturas considerablemente mayores de 0°C. Bridgman demostró que, en general, pueden existir varios tipos de hielo. El hielo que él denominó "hielo N° 5" se obtiene a la monstruosa presión de 20.600 atmósferas y permanece en estado sólido a la temperatura de 76°C. Si lo tocásemos nos quemaría las manos. Pero esto es imposible, porque se forma dentro de un recipiente especial del mejor acero, sometido a la presión de una poderosa prensa. Tampoco se puede ver. Las propiedades de este "hielo caliente" se estudian por medios indirectos. Un dato interesante es que el "hielo caliente" es más denso que el ordinario e incluso que el agua. Su peso específico es de 1,05. Este hielo podría hundirse en el agua, mientras que el ordinario, como todos sabemos, flota en ella.

[Volver al inicio](#)

### **EL CARBÓN PRODUCE FRÍO**

El hecho de que el carbón produzca frío y no calor no es cosa excepcional, sino algo que cada día se hace en las fábricas de lo que se llama "hielo seco". En estas fábricas se quema el carbón en unas calderas y el humo que produce se depura, con la particularidad de que anhídrido carbónico que contiene es capturado por una solución alcalina. Esta solución se calienta después y el anhídrido carbónico puro que se desprende se somete a enfriamiento y presión hasta que pasa al estado líquido a una presión de 70 atmósferas. Este es el anhídrido carbónico líquido que se lleva en balones de paredes gruesas a las fábricas de bebidas efervescentes y que se utiliza también en otros menesteres industriales. Este líquido está tan frío que con él se puede helar el suelo, como se suele hacer en las obras de los

túneles del metropolitano. Pero hay muchos casos en que se necesita anhídrido carbónico sólido, es decir, lo que se llama "*hielo seco*".

El hielo seco, es decir, el anhídrido carbónico sólido, se obtiene del líquido, sometiéndolo a una evaporación rápida a baja presión. Los trozos de hielo seco se parecen más a la nieve prensada que al hielo y, en general, se diferencia bastante del agua en estado sólido. El hielo del anhídrido carbónico es más pesado que el ordinario y se hunde en el agua. A pesar de que su temperatura es extraordinariamente baja ( $78^{\circ}$  bajo cero), si se coge un trozo con precaución no se nota frío en los dedos. Ocurre esto, porque el anhídrido carbónico gaseoso que se produce cuando el hielo seco se pone en contacto con los dedos protege nuestra piel de la acción del frío. Nuestros dedos corren el peligro de helarse únicamente si apretamos con ellos el pedazo de hielo seco.

El nombre de "hielo seco" expresa perfectamente la propiedad física fundamental de este hielo. Es verdad que nunca está húmedo ni humedece nada a su alrededor. Por la acción del calor pasa directamente al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido. El anhídrido carbónico a la presión normal no puede existir en estado líquido. Esta peculiaridad del hielo seco, además de su baja temperatura, lo hacen insustituible como cuerpo refrigerante en muchos casos prácticos. Los productos alimenticios conservados con hielo seco no sólo no se humedecen, sino que están mejor protegidos contra la putrefacción, puesto que el anhídrido carbónico gaseoso que se produce es un medio que impide el desarrollo de los microorganismos; por esta razón, estos productos ni se cubren de verdín ni tienen bacterias. Los insectos y los animales roedores tampoco soportan esta atmósfera. Finalmente, el anhídrido carbónico es extintor de incendios muy seguro. Varios trozos de hielo seco son suficientes para apagar una lata de gasolina que esté ardiendo. Por todo esto el hielo seco se consume mucho, tanto en la industria como para usos domésticos.

[\*Volver al inicio\*](#)