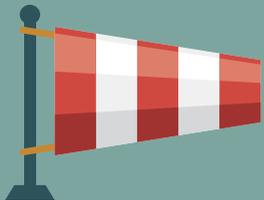


EN QUÉ SE 
PARECEN
 LAS GOTAS
DE LLUVIA 

 AL PAN DE
HAMBURGUESA

120 CURIOSIDADES CIENTÍFICAS RELACIONADAS CON LA METEOROLOGÍA



MAR GÓMEZ

m̄



MAR GÓMEZ

EN QUÉ SE PARECEN LAS GOTAS
DE LLUVIA AL PAN DE HAMBURGUESA

120 curiosidades científicas relacionadas
con la meteorología

m̄

© Mar Gómez, 2021
© Editorial Planeta, S. A., 2021
Ediciones Martínez Roca es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.
Avda. Diagonal, 662-664
08034 Barcelona

Preimpresión: Safekat, S. L.

Ilustraciones de interior: Jesús Sanz (jesussanz.com)

Depósito legal: B. 21.305-2020
ISBN: 978-84-270-4747-1

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

www.mrediciones.es
www.planetadelibros.com

Impreso en España/*Printed in Spain*
Impresión: Unigraf, S. L.

El papel utilizado para la impresión de este libro está calificado como **papel ecológico** y procede de bosques gestionados de manera **sostenible**.

ÍNDICE

PRÓLOGO	15
1. MIRANDO AL CIELO	17
¿Por qué llueve?	19
¿En qué se parecen las gotas de lluvia al pan de hamburguesa?	23
¿Qué relación tienen las nubes con los elefantes?	24
¿Por qué flotan las nubes?	27
¿Por qué hay nubes que tienen forma de ovnis?	28
¿Hay vida en las nubes?	31
¿Existen olas en el cielo?	32
¿Por qué nieva?	34
¿Cómo se forma el granizo?	37
2. LOS CINCO SENTIDOS DEL TIEMPO	39
Vista: los colores del tiempo	41
Olfato: el olor de la lluvia	73
Oído: los sonidos del cielo	80

Gusto: el sabor de la lluvia	93
Tacto: efectos en nuestra piel	99
3. ¡RAYOS Y CENTELLAS! LA FUERZA DE LA TORMENTA ...	109
¿Cómo se forma una tormenta?	112
¿Cómo se forma un rayo?	115
¿A qué distancia se encuentra una tormenta?	118
¿Qué son los tornados?	119
¿Qué es el relámpago del Catatumbo?	121
¿Cuál es el lugar más seguro ante una tormenta? ...	123
¿Qué son las figuras de Lichtenberg?	125
¿Qué es el fuego de San Telmo?	127
¿Cuál es el misterio del rayo en bola?	129
¿Se puede sobrevivir si se cae en una nube de tormenta?	131
¿Qué son los duendes, elfos y chorros?	133
4. ANDE YO CALIENTE...	137
¿Dónde se han registrado las temperaturas más altas y más bajas del planeta?	139
¿Por qué hace más frío en el Polo Sur que en el Polo Norte?	143
¿Por qué tiritamos o sudamos?	145
¿Por qué son cálidos los iglús?	146
¿Cómo se forman los carámbanos?	147
¿Por qué hace más frío en Nueva York que en Madrid si están prácticamente en la misma latitud?	149

¿Qué es la cencellada?	151
¿Por qué hay desiertos en el planeta?	152
¿Por qué se producen espejismos en el asfalto?	155
5. LAS CURIOSIDADES DEL CIELO	157
Las cosas más extrañas que han caído del cielo	158
El Amazonas está vivo gracias al Sáhara	162
El «cuento chino» del paraguas	163
El anticiclón de las Azores y Cristóbal Colón	164
Los récords más asombrosos	167
La hermanastra del rey Arturo que «aparece» en el cielo	174
La erupción volcánica que dio a luz a Frankenstein ...	176
El misterio de las rocas <i>zombies</i>	178
El misterio de ver nevar sin nubes: el polvo de día- mante	180
6. VOLANDO VOY, VOLANDO VENGO	181
¿Qué temperatura hay fuera de un avión?	184
¿Por qué a los aviones les cuesta más volar cuando hace mucho calor?	185
¿Por qué hay turbulencias en los aviones?	188
¿Por qué un avión tarda menos cuando viaja hacia el este que hacia el oeste?	190
¿Qué sucede si se abre la cabina de un avión en pleno vuelo?	192
¿Por qué no ocurre «nada» cuando cae un rayo sobre un avión?	195

ÍNDICE

7. LO QUE EL VIENTO SE LLEVÓ	197
¿Existen diferentes tipos de vientos?	200
¿Qué es el <i>efecto foehn</i> ?	205
¿Puede el viento hacer salir volando a una persona? ...	208
¿Por qué el mar crea olas?	209
¿Por qué tienen esa forma las dunas del desierto? ...	211
8. AL MAL TIEMPO, BUENA CARA	213
Las estaciones de la salud	215
¿Puede volvernós «locos» el viento?	222
Fobias meteorológicas	224
9. MUNDO ANIMAL	227
¿Se puede medir la temperatura con el canto de un grillo?	230
¿Cómo combaten el frío los pingüinos?	232
Ranas que se criogenizan para pasar el invierno	234
Hormigas voladoras: ¿aparecen cuando llueve?	236
¿Por qué hay aves que vuelan en círculos y planean en verano?	237
¿Qué tienen que ver las vacas y la contaminación? ...	239
¿Pueden los tiburones predecir la llegada de un huracán?	241
10. MÁS ALLÁ DE LA TIERRA	245
¿Cómo es el verano en Mercurio?	250
¿Hay efecto invernadero en Venus?	251
¿Por qué las puestas de sol son azules en Marte? ...	253

ÍNDICE

¿Hay nieve en Marte?	254
¿Qué es la Gran Mancha Roja de Júpiter?	256
¿Existe la lluvia extraterrestre?	258
¿Qué tiempo hace en la Luna?	261
 AGRADECIMIENTOS	 265

1

MIRANDO AL CIELO

Desde niños, somos observadores innatos del cielo, aquel lugar donde suceden muchos fenómenos de sobra conocidos por todos y otros tantos que nos dejan con la boca abierta cuando los descubrimos. En un mundo cada vez más artificial estamos perdiendo la capacidad de percibirlos y lo cierto es que, a unos cuantos kilómetros sobre nuestras cabezas, suceden demasiadas maravillas naturales como para no prestarles atención.

El cielo, o más bien la atmósfera, es una capa de gas que rodea nuestro planeta y un lugar lleno de procesos debido al cual podemos ser lo que somos. Es el lugar donde reside el oxígeno que respiramos, donde se crean los copos de nieve y donde flotan las nubes. Gracias a la atmósfera estamos protegidos ante la radiación dañina que emite el sol, ya que bloquea y evita que algunos de sus rayos ultravioleta lleguen a nuestro planeta. Además, actúa de escudo ante el impacto de meteoritos que suelen desintegrarse al entrar en contacto con ella. Pero, por si fuera poco, la atmósfera permite regular la

temperatura global del planeta para que se mantenga en un valor agradable para la vida humana. Si no existiera, sería imposible la vida, ya que, además de albergar el aire que respiramos, conserva el calor y hace que la temperatura sea apta para nuestra supervivencia.

Cuando hace unos 4.500 millones de años se formó la Tierra, su atmósfera no era ni mucho menos como la conocemos ahora. Estaba más caliente y contenía gases como el nitrógeno, el hidrógeno, el azufre, el dióxido de carbono, el metano, los gases nobles y el vapor de agua. Cuando más tarde se enfrió, se produjeron intensas lluvias y se formaron los océanos. Hace aproximadamente 2.500 millones de años, las cianobacterias¹ comenzaron a realizar la fotosíntesis y a aportar oxígeno a la atmósfera y, poco a poco, tras millones de años, esta se empezó a parecer algo más a la actual.

Hoy en día son de sobra conocidas las implicaciones negativas que ha tenido la acción humana sobre la atmósfera de nuestro planeta, no solo destruyendo la capa de ozono —que nos protege de la radiación ultravioleta del sol—, sino también aumentando múltiples gases como el dióxido de carbono. Este tipo de gas, junto con otros de efecto invernadero²,

¹ Bacterias antiguas que pueden llevar a cabo la fotosíntesis.

² Fenómeno natural por el cual determinados gases que componen la atmósfera terrestre retienen parte de la radiación térmica emitida por la superficie terrestre tras ser calentada por el sol y permiten que la temperatura sea apta para la vida. Estos gases naturales son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido de nitrógeno y el ozono. Sin ellos la temperatura media de la Tierra sería de -18 °C.

ha propiciado un aceleramiento en el incremento de la temperatura media de la Tierra.

En cualquier caso, allí arriba, en ese extenso lugar que comienza a nuestros pies y asciende cientos de kilómetros hacia el espacio exterior, suceden cosas increíbles. Algunos de estos fenómenos nos acompañan en nuestro día a día, pero otros aparecen en determinados momentos dejándose ver solo en condiciones muy concretas y por aquellos espectadores que, curiosos, mantienen su mirada hacia el cielo.

¿POR QUÉ LLUEVE?

La lluvia es uno de los fenómenos más comunes que se producen en la naturaleza. Todos hemos visto llover más de una vez e incluso hemos tenido que salir corriendo para evitar un buen chaparrón. En ocasiones, puede volverse un peligroso enemigo, pero, en otras, puede ser observada apaciblemente e incluso disfrutada. Pero ¿por qué cae agua del cielo?

Lo primero que tenemos que saber es que el agua puede existir en tres estados o fases: líquida (agua)³, sólida (hielo) y gaseosa (vapor de agua). Es precisamente en esta última forma—resultante de la evaporación de ríos, lagos y océanos— como se encuentra en la atmósfera, razón por la cual no podemos verla. Sin embargo, eso no significa que no podamos sentirla.

³ Un reciente estudio del año 2020 determinó que existen dos fases líquidas distintas.

Es fácil recordar un caluroso día de verano en la costa en el que la sensación pegajosa de humedad nos acompaña, o incluso un día de niebla en invierno en el que el frío húmedo nos cala hasta los huesos. En estas situaciones, todos hemos sentido en mayor o menor medida la humedad —o vapor de agua— sobre nosotros. Si nos hubiéramos parado a mirar microscópicamente ese aire húmedo de, por ejemplo, la niebla, habríamos visto millones de diminutas gotas de agua flotando en el aire, consecuencia de la condensación⁴ del vapor de agua.

En el caso de la formación de las nubes, ocurre algo bastante similar. La condensación del vapor de agua se origina, por ejemplo, cuando el sol calienta la superficie terrestre y ese aire caliente comienza a ascender. Esto ocurre porque al incidir la radiación solar sobre la Tierra, la superficie terrestre se calienta y la masa de aire que hay junto al suelo aumenta de temperatura, provocando que las moléculas tengan más energía, se muevan rápidamente y estén más separadas las unas de las otras. Algo que hace que la densidad de la masa de aire sea menor, pese menos y se eleve en la atmósfera, en concreto en la capa en la que nos situamos: la *troposfera*⁵.

⁴ Cambio de la materia en estado gaseoso a líquido. Es el proceso inverso a la evaporación.

⁵ Capa de la atmósfera terrestre en contacto con la superficie de la Tierra. Se extiende hasta unos 18 km de altitud en el ecuador, unos 10 km en latitudes medias y hasta aproximadamente 7 km en los polos (dependiendo de la estación del año). En ella suceden los fenómenos meteorológicos. En esta capa la temperatura disminuye a medida que ascendemos.

¿Sabías que...?

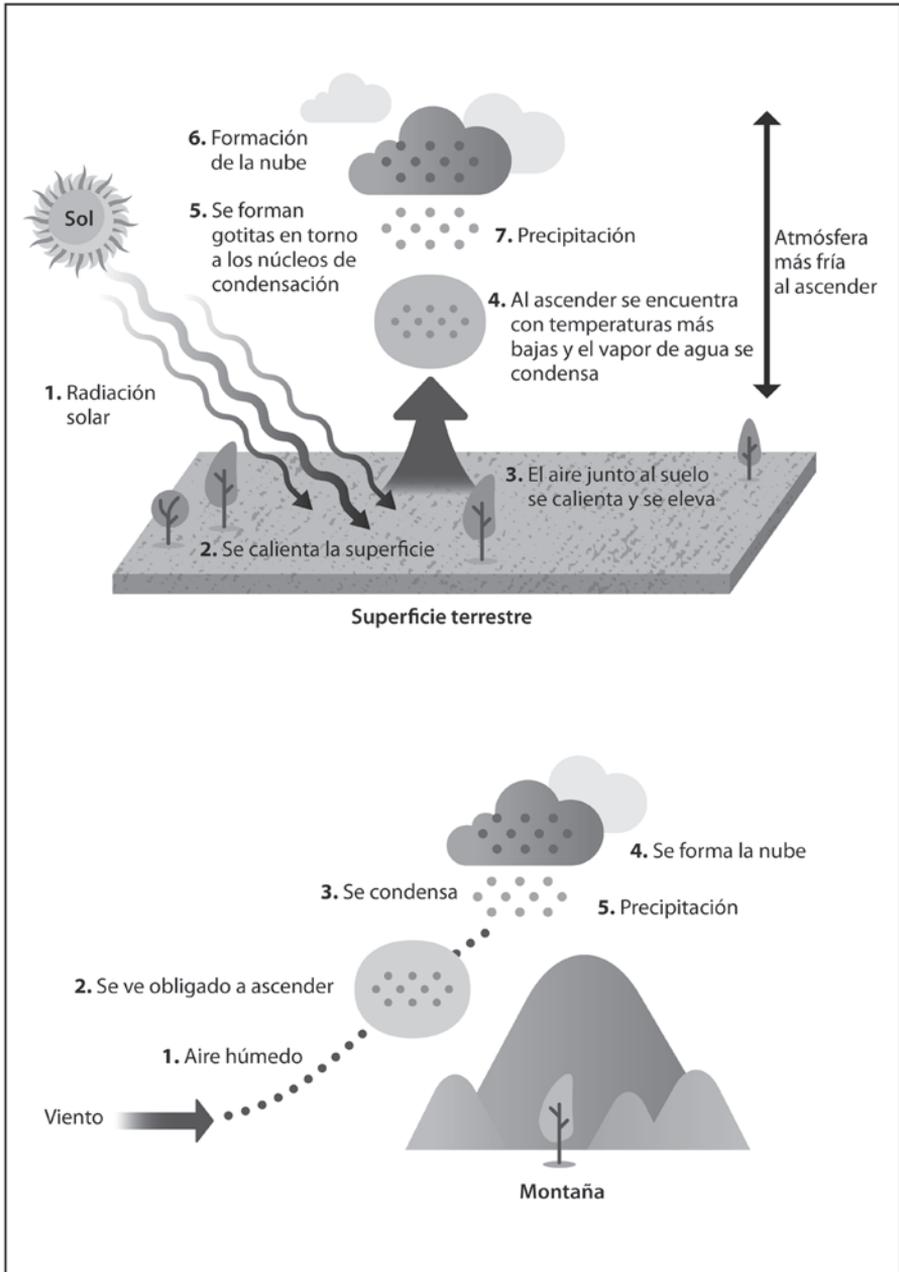
A pesar de que a veces veamos caer las gotas de lluvia de forma incesante y con virulencia, la realidad es que se precipitan de forma mucho más lenta de lo que pensamos.

Esto se debe a que todos los cuerpos que caen en un fluido alcanzan una velocidad límite cuando el rozamiento con el aire compensa su peso. Las gotitas de agua, de un diámetro entre 0,5 a, como mucho, 5 milímetros (mm) caen en la atmósfera por efecto de la gravedad. Sin embargo, el hecho de que alcancen una velocidad límite hace que lleguen hasta nosotros con velocidades menores, comprendidas entre los aproximadamente 7 y los 35 kilómetros por hora (km/h) como máximo, según su tamaño.

Podemos decir que la oposición que ejerce el aire las frena y hace que lleguen hasta el suelo más lentamente.

Cuando vaya ascendiendo se encontrará con temperaturas cada vez más bajas, de forma que el vapor de agua comenzará a condensarse. Pero, para que se produzca esta condensación, hay que tener en cuenta que en la atmósfera no solo tenemos este vapor de agua, sino que hay otras partículas en movimiento como polvo, polen o sal. Para las moléculas de vapor de agua es más fácil adherirse a estos aerosoles, conocidos como *núcleos de condensación* que actúan como una especie de «semillas» alrededor de las cuales se producirá la condensación. Poco a poco más vapor de agua se adherirá a su alrededor, creando gotas de agua más grandes o cristales de hielo y formando las nubes que darán lugar a la posterior precipitación.

EN QUÉ SE PARECEN LAS GOTAS DE LLUVIA AL PAN DE HAMBURGUESA



Esta, no obstante, no es la única forma que el aire tiene de ascender en la atmósfera y formar nubes. Hay otros modos y factores que pueden influir, como, por ejemplo, que las masas de aire se encuentren con una cordillera montañosa y no tengan más opción que ascender para sortear ese obstáculo. Al elevarse por la ladera de la montaña, lo harán también en la troposfera, encontrándose con temperaturas más bajas a medida que suban y, por lo tanto, enfriándose. El vapor de agua contenido en esas masas de aire bajará su temperatura y llegará un momento en el que se condensará y se repetirá el mismo proceso.

Y precisamente así, gracias a la condensación del vapor de agua contenido en las nubes, es como se forma la lluvia. Cuando las gotitas de agua resultantes del vapor de agua condensado son lo suficientemente pesadas, caen por acción de la fuerza de la gravedad y generan la precipitación que recibimos sobre nosotros.

¿EN QUÉ SE PARECEN LAS GOTAS DE LLUVIA AL PAN DE HAMBURGUESA?

Lo más habitual cuando somos niños es dibujar las gotas de lluvia como lágrimas, es decir, redondeadas por debajo y puntiagudas por arriba. Al menos así se ha ilustrado siempre en cuentos, películas animadas y gráficos. Sin embargo, lo que pocos saben es que las gotas de lluvia tienen más similitudes con la forma de un pan de hamburguesa que con las lágrimas.

Así lo afirmaron científicos de la NASA. Cuando las gotas de agua presentes en las nubes se hacen lo suficientemente grandes como para caer por su propio peso se deforman. Inicialmente, esas gotitas tienen una forma esférica y definida, y la pueden mantener si son de tamaño muy pequeño (< 2 mm). Esto es debido a que sobre ellas se ejerce una fuerza conocida como *tensión superficial*. Esta fuerza actúa como «la piel» de la gota manteniendo unidas las moléculas que la componen.

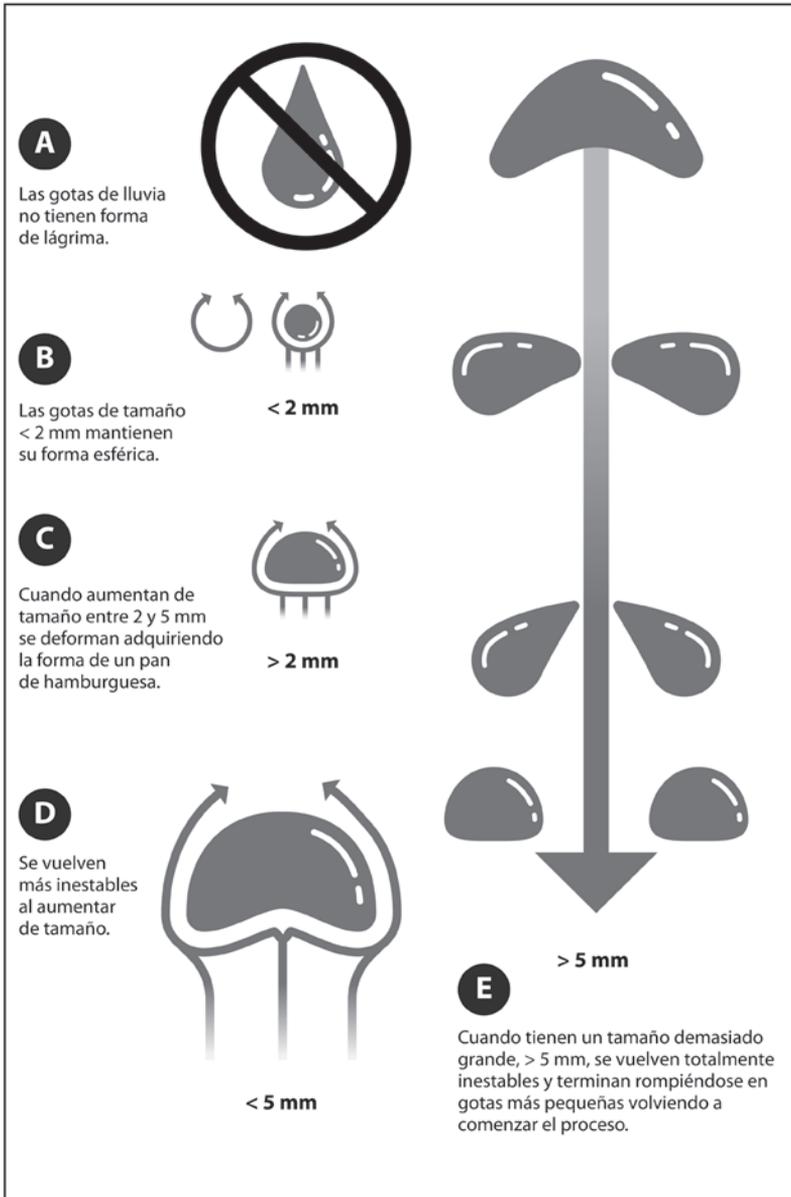
Cuando las gotas de agua comienzan a caer (de diámetros > 2 mm, el tamaño típico), la presión del aire actúa sobre ellas, haciendo que la parte inferior de la gotita sea empujada hacia dentro y se aplane, como ocurre con la forma del pan de hamburguesa. Es básicamente una lucha de fuerzas: la fuerza de la presión del aire contra la fuerza de la tensión superficial, que hace todos los esfuerzos por mantenerla esférica. Evidentemente, gana la primera.

En la parte superior, ocurre justo lo contrario. En este caso la fuerza ganadora es la tensión superficial, la cual logra mantener la parte superior redondeada ya que en esa zona la presión del aire es mucho menor.

De este modo, a medida que las gotas de lluvia se hacen más pesadas y caen, su forma es, curiosamente, más parecida a un pan de hamburguesa.

¿QUÉ RELACIÓN TIENEN LAS NUBES CON LOS ELEFANTES?

Desde pequeños, unos más y otros menos, pero en definitiva casi todos, hemos jugado a dejar volar la imaginación tra-



Forma de las gotas de lluvia.

tando de descubrir figuras en el cielo. Nuestro cerebro es muy hábil percibiendo formas en la naturaleza y, en muchas ocasiones, podemos intuir todo tipo de rostros, objetos y animales en las nubes, como perros, pájaros o incluso elefantes. Este fenómeno se conoce como *pareidolia*, y lo cierto es que, en algunos casos, la relación entre las nubes y estas formas va más allá de la mera imaginación. Este es el caso de los elefantes, cuyo vínculo con las nubes es mucho más estrecho que el simple hecho de encontrar su forma en el cielo. La clave, según revelaron investigadores del Centro Nacional de Investigación Atmosférica estadounidense, está en el peso de las nubes.

Aparentemente suspendidas en el cielo, las nubes parecen ligeras y esponjosas, pero en realidad pesan miles de toneladas.

Tal cantidad de peso es difícil de imaginar, pero ¿y si lo comparamos con el peso de los elefantes? Una nube tipo *cúmulo* —esas nubes blancas y algodónadas que vemos en el cielo en un día soleado— puede pesar unas 300 toneladas, algo que se deduce estimando su densidad y volumen⁶. Teniendo en cuenta que aproximadamente el peso de un elefante africano adulto es de unas 6 toneladas, una nube como esta puede pesar nada más y nada menos que unos 50 elefantes.

Sin embargo, ¿qué ocurre con las nubes más oscuras que vaticinan la llegada de una tormenta? Estas nubes, conocidas como *cumulonimbos*, contienen más gotitas de agua en sus-

⁶ Cálculo realizado teniendo en cuenta una nube cúmulo con densidad 0,3 gramos por metro cúbico y volumen de un kilómetro cúbico.

pensión y, por lo tanto, pesan más. Tanto es así que se estima que su peso puede equivaler a miles de estos animales.

Pero dejando la báscula a un lado, estos mamíferos son, además, muy buenos meteorólogos. Pueden detectar sonidos de baja frecuencia que los oídos humanos no pueden percibir, lo cual les permite saber cuándo se acerca una tormenta, incluso cuando esta está situada a más de 200 kilómetros de distancia.

¿POR QUÉ FLOTAN LAS NUBES?

Más de una vez nos habremos sorprendido mirando al cielo, observando la gran variedad de nubes que existen y que se pasean a sus anchas, desplazándose de un lado a otro. Las hay de muchos tipos, texturas, tamaños y colores. Y todas están ahí arriba, levitando y moviéndose por el cielo sin caer sobre nuestras cabezas.

Hasta ahora sabemos que el conjunto de las gotas de agua presentes en las nubes pesan mucho. Pero, si pesan, ¿cómo es posible que las nubes floten?

La respuesta parece sencilla y es que, como ya sabemos, si algo pesa tanto como pesa una nube, es imposible que pueda mantenerse en suspensión sin caer por efecto de la gravedad. Sin embargo, no todo es lo que parece y es que una combinación de efectos hace que las nubes puedan «volar» a sus anchas por nuestro cielo.

Sabemos que en el interior de las nubes hay miles de diminutas gotitas, pero estas se organizan de forma homogénea a

lo largo de ella, distribuyendo su peso, un peso que es menor que la fuerza de rozamiento del aire que las rodea, algo que evita que la nube caiga. Una vez organizadas, se ayudan de las corrientes verticales que impulsan la nube hacia arriba para mantenerse a flote. Esto sucede porque el aire que se encuentra por debajo de la nube es más denso, pesa más y ejerce de «soporte» para que la nube no caiga por su propio peso.

De esta manera, permanecen flotando en el cielo, aunque no mantienen una forma constante. Si nos fijamos detenidamente, nunca tienen sus bordes bien definidos. Debido a la propia agitación y movimiento del aire, las gotitas y cristales de hielo del interior de la nube no son estáticos. Se encuentran en movimiento y es por lo que se crean y se destruyen constantemente modificando la forma de la nube.

¿POR QUÉ HAY NUBES QUE TIENEN FORMA DE OVNIS?

En la atmósfera existen muchos tipos de nubes, que suelen clasificarse en función de la altitud a la que se sitúen como nubes bajas, medias y altas, una clasificación muy intuitiva y dentro de la cual existen decenas de variedades. Sin embargo, hay algunas que, desde la Antigüedad, han llamado la atención de los más observadores. Muchos las clasificaban como auténticos platillos volantes en el cielo y otros como formaciones extrañas que avecinaban un mal presagio.

La realidad es que estas nubes con forma de disco abombado existen y, aunque son bastante similares en su aspecto

¿Sabías que...?

Son las únicas nubes que dan alegrías y disgustos a los pilotos. Los pilotos de aeronaves a motor intentan evitar volar cerca de ellas, ya que el viento asociado a su formación suele ser fuerte y ascendente.

En cambio, en determinadas ocasiones, para vuelos sin motor son un escenario perfecto ya que pueden planear y mantenerse en el aire.

a un objeto volante no identificado, no son más que las conocidas como *nubes lenticulares* —técnicamente llamadas *Alto-cumulus lenticularis*—. Como su nombre indica, tienen forma de platillo o lente convergente y suelen situar su base entre 2 y 6 kilómetros de altitud.

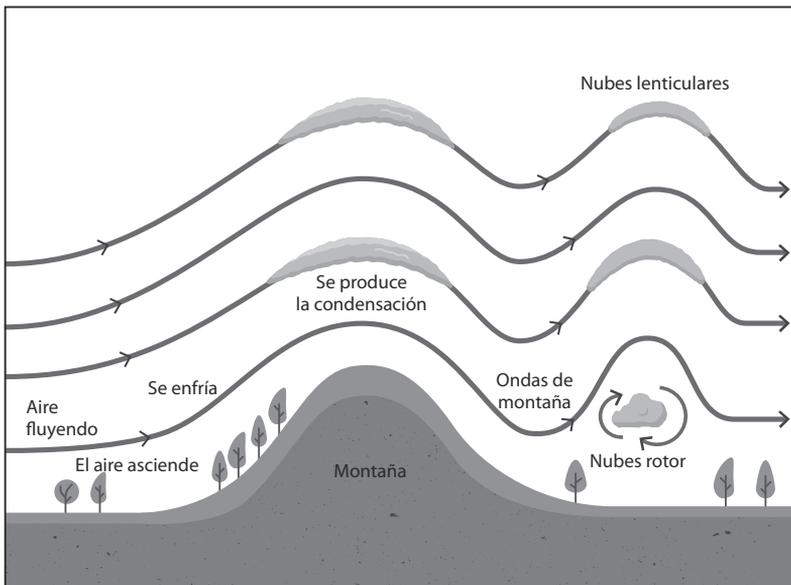
A diferencia de otras variedades, son muy estacionarias y apenas se mueven, aunque sí pueden ir modificando su forma. Se suelen formar en zonas montañosas y aisladas de otras nubes. Sin embargo, la gran pregunta es: ¿cómo?

Las masas de aire están en continuo movimiento en la atmósfera y a veces se topan con obstáculos, entre ellos las montañas. Cuando el viento sopla con fuerza en una misma dirección o similar en varios niveles de la troposfera y se encuentra con las montañas en su camino, tiene que sortearlas. Al hacerlo, genera una onda conocida como *onda de montaña*⁷. Si al superar la cumbre hay suficiente humedad en el

⁷ Movimiento ondulatorio en la atmósfera producido por el flujo de aire incidente sobre una montaña.

aire, se producirá una condensación y formará una nube de este tipo.

Por otro lado, además de viento intenso, necesitamos que la atmósfera tenga una situación de estabilidad o anticiclónica y que exista una inversión térmica por encima de la cima que impida el crecimiento vertical de estas nubes. Esto quiere decir que la temperatura en un determinado momento no disminuye a medida que ascendemos en la troposfera, que es lo más habitual, sino que asciende. De este modo, si la masa de aire húmedo llega impulsada por el viento hasta la ladera de la montaña, se verá obligada a subir, encontrándose con temperaturas más bajas que en la superficie. En un entorno de temperatura más fría se producirá, como ya sabemos, la condensación del vapor de agua y generará la nube



en las crestas de las ondas de montaña. Una vez formada, si no tuviéramos esta inversión térmica la masa de aire descendería por el otro lado de la montaña, calentándose y alejándose.

Hay que tener en cuenta que, en una inversión térmica, debido a la diferencia de densidades, la capa de aire cálido presenta una gran estabilidad en cuanto al movimiento vertical, es decir, que si el aire frío que hay por debajo pretende hacer subir a la masa de aire, esta intentará volver a descender y a la inversa, quedando como «atrapada» en estos movimientos ondulatorios horizontales que darán la característica forma de lente a estas asombrosas nubes.

Sin embargo, también se pueden formar sin la presencia de montañas, por ejemplo, cuando dos corrientes de aire opuestas chocan y ascienden, simulando lo que ocurre al encontrarse con un obstáculo mecánico.

¿HAY VIDA EN LAS NUBES?

No es tan alucinante como hallar vida en Marte, pero sí, de ahora en adelante cuando alcemos la vista para mirar al cielo no solo veremos las nubes, sino que también contemplaremos vida.

Los organismos vivos se adaptan de forma asombrosa a la vida en la Tierra incluso en climas extremos, pero ahora parece ser que también lo logran en el aire, a pesar de encontrarse a una gran altura.

Siempre se ha considerado que la participación de los aerosoles (polvo, sal marina, materiales orgánicos o partículas contaminantes) en la formación de las nubes era evidente, pero ahora se sabe además que las bacterias, las esporas de hongos y algunos residuos de plantas son también protagonistas en este proceso. De hecho, algunas de estas bacterias pueden considerarse «pequeños habitantes» de nubes y las podemos encontrar en las piedras de granizo que caen en un día típico de tormenta.

Se cree que estos microorganismos pueden llegar hasta las nubes arrastrados por el viento. Además, no solo mantienen la vida en el interior de la nube, sino que actúan como núcleo de condensación o «semilla» para poder producir lluvia.

¿EXISTEN OLAS EN EL CIELO?

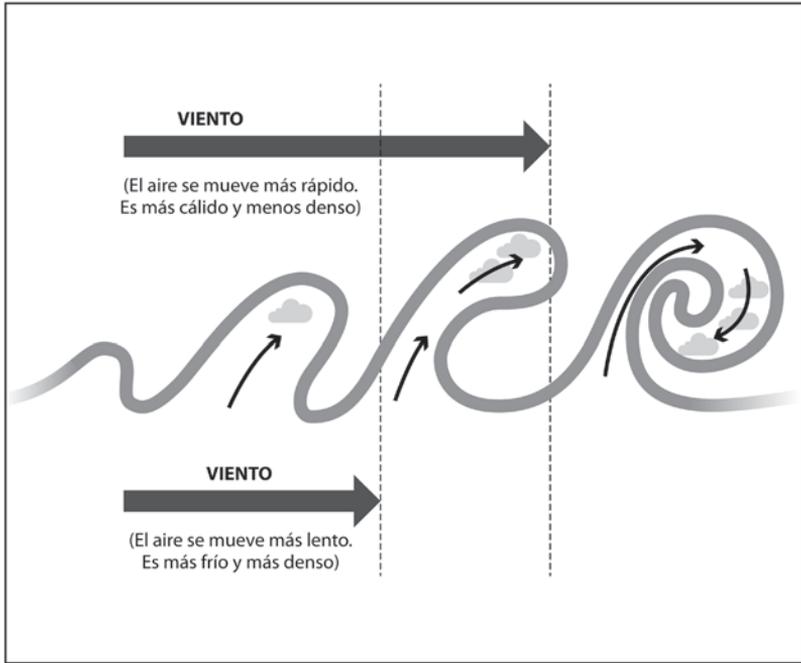
Quien crea que las olas son solo cosa del mar está muy equivocado. Todos sabemos que las olas del océano se forman porque el viento ejerce su efecto sobre el agua, pero la verdad es que en el cielo ocurre algo similar. En determinadas circunstancias podemos observar unas curiosas formaciones de nubes que se enrollan sobre sí mismas y que crean un efecto visual similar a lo que ocurre en los océanos, pero en este caso, como si estuvieran surfeando el cielo.

Estas nubes son conocidas con el nombre de *fluctus* o *inestabilidad de Kelvin-Helmholtz*⁸ y son tan famosas que se cree que hasta el gran pintor impresionista Vincent Van Gogh las plasmó en uno de sus cuadros más conocidos, *La noche estrellada*.

Su formación difiere de lo que ocurre en los mares y océanos, pero aun así la inestabilidad de Kelvin-Helmholtz no es exclusiva del cielo; en realidad, puede aparecer en cualquier fluido que presente dos capas con diferentes movimientos. En el caso de la atmósfera, necesitamos dos masas de aire con velocidades diferentes. Esto se consigue en días de mucho viento y con una inversión térmica. Si ocurre, tendremos dos masas de aire de diferentes características: una más fría y más densa, más cerca del suelo, y otra más cálida y menos densa por encima. Con estas variaciones térmicas y la acción del viento se consigue esa diferencia de velocidades entre ambas capas de aire. Ya solo se necesita que el viento sople con cierta intensidad y reparta su flujo en direcciones diferentes, moldeando con su velocidad la forma de las ondas.

Pero no solo están presentes en la Tierra. Planetas del sistema solar como Júpiter o Saturno también muestran este tipo de inestabilidad, eso sí, a una escala mucho mayor, ya que, por ejemplo, en Júpiter suelen aparecer bordeando la Gran Mancha Roja, una descomunal tormenta de tamaño superior al de la Tierra.

⁸ Su nombre deriva de aquellos que lo descubrieron: lord Kelvin (William Thomson) y Herman von Helmholtz.



¿POR QUÉ NIEVA?

Una vez que hemos entendido cómo se genera la lluvia, comprender el proceso de formación de la nieve es mucho más sencillo. Lo primero que debemos saber es que cuando nieva lo que se produce es un tipo de precipitación, pero en vez de caer agua desde el cielo lo hacen pequeños cristales de hielo.

Un copo de nieve está compuesto por un trillón de moléculas de agua, todas ellas organizadas formando un patrón hexagonal, que es único para cada copo. Su distribución responde a las condiciones que tenía la atmósfera cuando se

formó, por lo que podemos decir que analizar un copo de nieve es hacer una «autopsia» de las condiciones meteorológicas que existían cuando se creó dicho copo. Pero además de formarse cada uno de ellos bajo diferentes circunstancias, pasan por otras tantas cuando van cayendo, lo que hace que atómicamente no exista en la naturaleza un copo de nieve idéntico a otro.

Para que se formen hace falta frío, aunque no demasiado. Se necesitan temperaturas normalmente por debajo de 0 °C (grados Celsius), el punto de congelación del agua, en las capas de la atmósfera por encima del suelo. Con ese ambiente frío, el vapor de agua presente en el aire se congelará. Además, deben existir ciertas «semillas» o núcleos de condensación en los cuales pueda adherirse el vapor congelado para formar cristales de hielo. Una vez que se produce esto, los cristales van cayendo, lo que añade más vapor de agua congelado al cristal primario y forma nuevos cristales a su alrededor que adoptan la estructura hexagonal propia del copo.

Pero no solo necesitamos una temperatura a cierta altura, sino que hacen falta unas condiciones determinadas en la superficie. En caso de que no se cumplan, puede nevar, pero sin cuajar, pues, aunque haga suficiente frío para que se formen los copos de nieve, si el frío no se mantiene cuando están cayendo, se derretirán. Para que la nieve cuaje en la superficie terrestre la temperatura debe estar por debajo del punto de congelación o ligeramente por encima, ya que es posible que se den nevadas con temperaturas superficiales de 2 o

¿Sabías que...?

A veces puede ocurrir que los copos de nieve se encuentren con aire más cálido por debajo y se derritan, creando gotas de lluvia. Si después, cerca de la superficie terrestre, se encuentran con aire muy frío por debajo de 0 °C se subenfriarán (se mantendrán en estado líquido), congelándose al impactar sobre los objetos y creando un fenómeno conocido como *lluvia engelante* o *helada*.

3 °C. De este modo, si las condiciones a lo largo de todo su camino son las adecuadas, el copo de nieve se mantendrá intacto hasta llegar al suelo y veremos nevar.

Sin embargo, es importante recordar que la formación de nieve requiere humedad. Hay zonas de nuestro planeta que son muy frías, pero a la vez muy secas, y que no reciben nevadas. Un ejemplo lo encontramos en los valles secos de McMurdo, en la Antártida, una región en la que se registran gélidas temperaturas, pero en la cual el ambiente es muy seco debido a los fuertes vientos, que provocan que no haya apenas humedad en el ambiente, y que, por lo tanto, no nieve.

En cualquier caso, las nevadas dependen de la localización, la elevación y otros factores que afectan al clima de nuestro planeta. Cuanto más nos acerquemos al ecuador menor probabilidad tendremos de que se produzcan. Aun así, podemos encontrar nieve en estas regiones, pero únicamente a gran altitud y en algunas montañas, como es el caso del monte Kilimanjaro en Tanzania.

¿CÓMO SE FORMA EL GRANIZO?

En los típicos días de calor, en los cuales vemos cómo se van formando nubes de tormenta a medida que avanzan las horas, es común que las nubes vengan acompañadas de otro fenómeno meteorológico: el granizo. Suele caer en forma de chaparrón, de forma violenta, y aunque resulte sorprendente es más habitual que suceda en verano que en invierno.

El *granizo* es básicamente un tipo de precipitación, pero en estado sólido. Está compuesto de bolas irregulares de hielo llamadas piedras de granizo y su tamaño suele situarse entre 5 a 50 milímetros, o, excepcionalmente, incluso más.

Se produce en tormentas muy intensas y nubes de tipo *cumulonimbo*, que se caracterizan por tener un gran desarrollo vertical y por generar fuertes corrientes de aire en su interior. Estas son, precisamente, la clave para su formación.

Así, podemos distinguir dos tipos de corrientes: las ascendentes y las descendentes. A medida que la corriente ascendente se vuelve más fuerte, la tormenta eléctrica se desarrolla verticalmente, permitiendo que las gotas de agua, resultantes de la condensación del vapor de agua, suban hasta grandes alturas, donde hace mucho frío. En esos niveles, las gotitas se encontrarán muy por debajo del punto de congelación, de modo que se congelarán, generando partículas de hielo.

Estos fragmentos de hielo son pesados y por acción de la gravedad se ven obligados a bajar desde esas capas más altas hacia la base de la nube de tormenta. Cuando comien-

zan a caer, entran en otra corriente: la descendente. Al hacerlo, se unen a gotitas de agua que hay en la parte inferior y a gotitas de agua superenfriada⁹ que se encuentran por encima. Una vez se han unido a estas gotas, las partículas vuelven a subir hacia el tope de la tormenta por medio de la corriente ascendente, congelando esas gotitas que han adquirido en la parte inferior de la nube. Este ciclo se repite varias veces, creando varias capas de hielo en el granizo hasta que el tamaño de la piedra es lo suficientemente pesada como para caer y precipitar.

Como curiosidad, si tomamos una piedra de granizo y la cortamos por la mitad veremos que está compuesta por muchas capas o anillos similares a los de los troncos de los árboles o a una cebolla. Cada capa representa el proceso de crecimiento del granizo en estos movimientos ascendentes y descendentes dentro de tormenta. ¡Otra «autopsia» atmosférica!

⁹ Gotas que conservan su estado líquido a pesar de estar por debajo del punto de congelación.