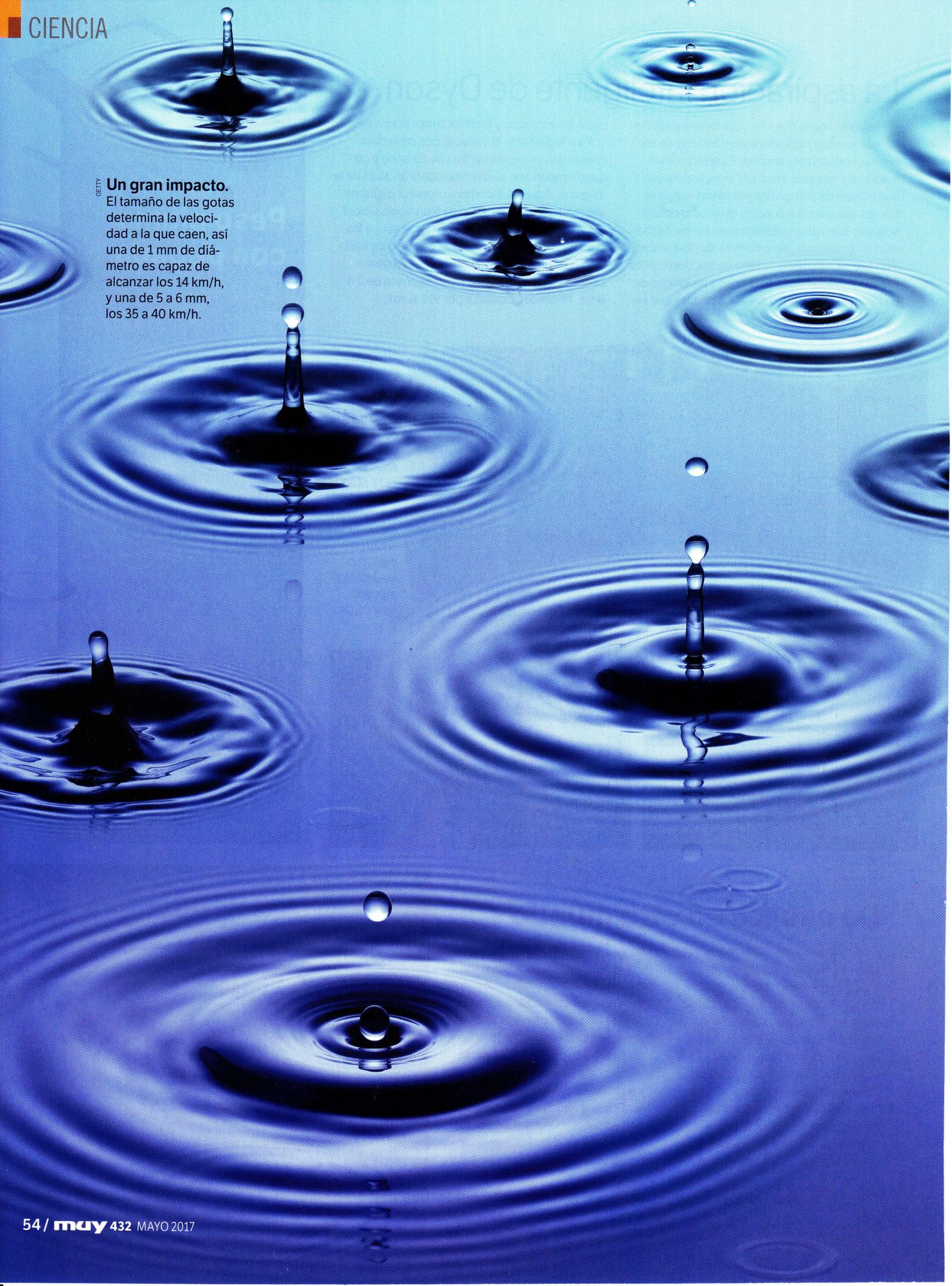
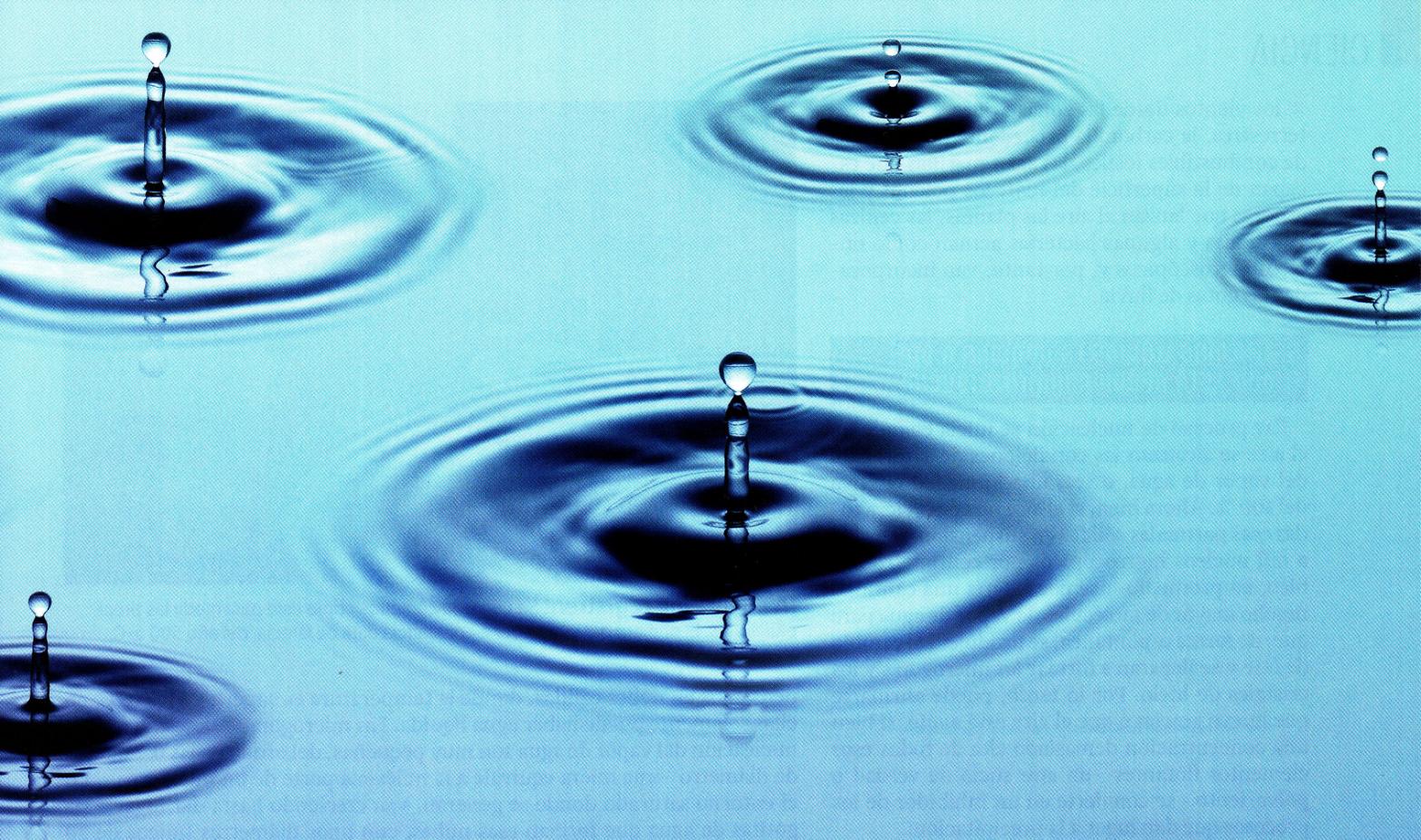


GETTY

Un gran impacto.

El tamaño de las gotas determina la velocidad a la que caen, así una de 1 mm de diámetro es capaz de alcanzar los 14 km/h, y una de 5 a 6 mm, los 35 a 40 km/h.





ASÍ ES SU PROCESO DE FORMACIÓN

HISTORIA DE UNA GOTA DE LLUVIA

El agua, vital para la existencia, se halla en constante movimiento a través de la lluvia. De hecho, el ciclo de sus gotas es similar al de la vida: también ellas nacen, crecen, a veces *se reproducen* y mueren.

Un reportaje de JOSÉ MIGUEL VIÑAS

Han comenzado a caer gotas de agua del cielo. Al principio son pocas y pequeñas, pero pronto ganan en tamaño e intensidad y la lluvia termina empapándonos y formando charcos en el suelo. Cada una de los millones de gotas que deja un modesto chubasco tiene una historia que contarnos. En su ciclo evolutivo están involucrados multitud de procesos físicos,

algunos de ellos bastante complejos. En este reportaje te los explicamos de forma sencilla, aunque en detalle. Para ello pondremos sobre la mesa algunas de las peculiaridades de la microfísica de las nubes que los científicos han ido desentrañando con el paso de los años.

Lo primero que debemos saber es que cualquier gota de lluvia tiene su origen en una gota o en un cristal de hielo, de tamaño microscó-

pico en ambos casos, que empezó a crecer alrededor de una minúscula partícula sólida en suspensión. Esas partículas abundan en el aire, son de muy diferente naturaleza y constituyen los llamados núcleos higroscópicos o de condensación. En torno a ellos se forman los embriones de la mayoría de las gotas de lluvia, los copos de nieve y los granizos. Elementos como las partículas de polvo que arrastran »

» los vientos desde las zonas áridas y desérticas terrestres, la carbonilla procedente de la quema de combustibles fósiles, las sales marinas que escapan de la superficie del mar, los pólenes y las esporas que lanzan al aire las plantas, las cenizas volcánicas y algunas bacterias actúan como núcleos higroscópicos y, por tanto, van incorporadas las gotas de lluvia.

SI TENEMOS LLUVIAS ES GRACIAS A QUE EL AIRE ESTÁ APROPIADAMENTE 'SUCIO'

Ese proceso de nucleación se inicia cuando en el aire se alcanzan las condiciones de saturación del vapor de agua, o sea, una humedad relativa del 100%. Ahora bien, si el aire no contuviera todas esas partículas sólidas en suspensión –de cien a mil núcleos higroscópicos por centímetro cúbico, en promedio–, se necesitaría una cantidad mucho mayor de moléculas de vapor de agua para que, de forma espontánea, se produjera el cambio de fase y se llegaran a formar las microgotas y los cristales de hielo. Por lo tanto, puede afirmarse que llueve gracias a que el aire está sucio, si bien una concentración demasiado alta de todos esos elementos flotantes –un aire sucio de verdad o polvoriento– se convierte en un inhibidor de los procesos que dan lugar a la precipitación.

Los mecanismos que conducen a la formación de una gota de lluvia varían en función de la temperatura a la que tengan lugar las distintas fases de crecimiento. La posibilidad o no de que se forme hielo condiciona la historia de cada gota. Si



AP/TED S. WARREN

¡A mí que me registren! Se usan pluviómetros como este para medir las precipitaciones. El primero del que se tiene constancia data de Grecia, del año 500 a. C.

pensamos en nubes cálidas, donde la temperatura es superior a los 0 °C, en ellas solamente puede haber agua líquida. Las microgotas que resultan de la nucleación del vapor de agua son muy pequeñas, del orden de las 0,2 micras de diámetro –una micra equivale a la milésima parte de un milímetro–. En el entorno saturado donde se generan, van creciendo hasta dar lugar a las gotitas de agua que forman esas nubes, con unos diámetros típicos de 20 micras –es decir, 0,02 milímetros–.

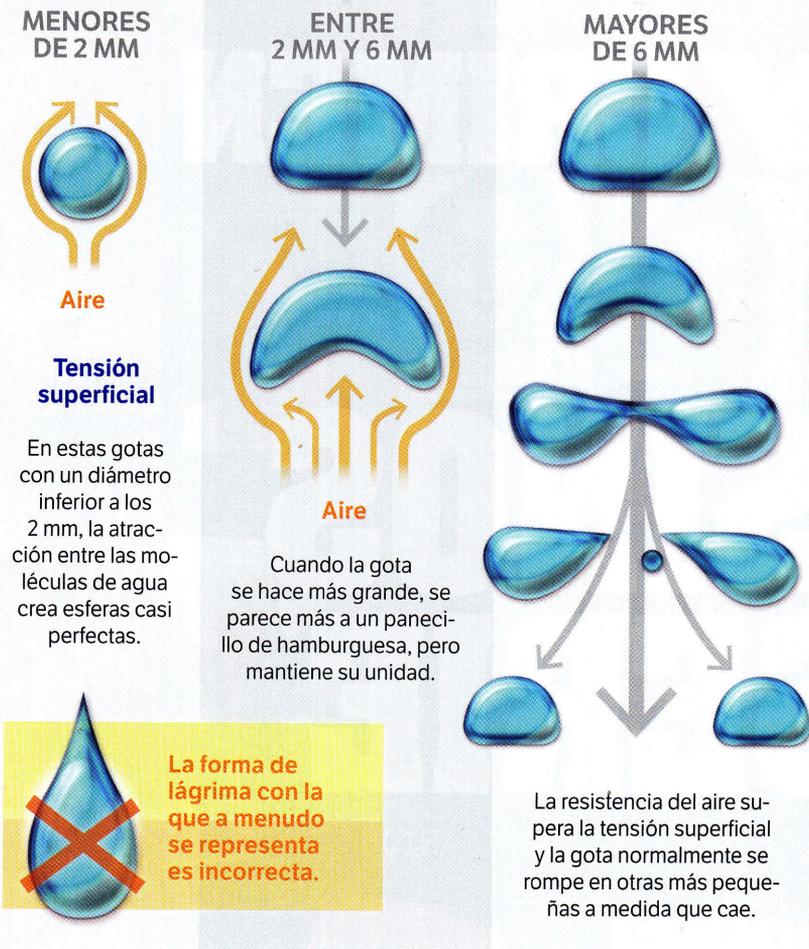
Cuanto más pequeña es una gota de agua, mayor es su tendencia a evaporarse, pues más intensas son las fuerzas de cohesión en su superficie –la tensión superficial–, al tener esta una mayor curvatura que si la gota es de tamaño superior. Una pequeña alteración, como ligeros movimientos de aire, »

Regando la vida. Un grupo de cebras soporta una tormenta en la reserva nacional de Masái Mara (Kenia). Cada año más de 50.000 de estos animales se concentran para realizar una gran migración estrechamente vinculada a las lluvias.



¿Qué forma tiene una gota de lluvia?

Al contrario de lo que se cree, las gotas de lluvia no tienen el típico aspecto de una lágrima. Su forma está determinada por la fuerza de la gravedad, su tensión superficial y la resistencia del aire.



de que la humedad relativa del aire es mayor con respecto a una superficie de hielo (cristales) que con respecto a una de agua (gotitas).

Las gotitas y los cristales de hielo que forman las nubes son tan pequeños que no pesan lo suficiente para vencer la resistencia del aire y precipitarse. Para lograrlo, deben seguir creciendo, y mucho. En esta fase entran en escena nuevos mecanismos como la coalescencia, mediante la cual el crecimiento de las gotitas de nube se produce al colisionar y unirse unas con otras. Se trata de un proceso inicialmente lento, que se acelera a medida que van formándose gotas de mayor tamaño, hasta que caen por su propio peso tras vencer las fuerzas de sustentación.

Durante la caída de una gota de lluvia, la colisión con otras más pequeñas que va encontrándose a su paso contribuye también al crecimiento de la misma. Esta puede llegar a dividirse si alcanza un tamaño demasiado grande.

DURANTE MUCHO TIEMPO SE PENSÓ QUE EL LÍMITE ESTABA EN LOS SEIS MILÍMETROS

El diámetro de una gota típica de lluvia es de 2 mm –0,2 mm en el caso de una gota de llovizna–, si bien en el caso de los aguaceros tormentosos su tamaño puede ser significativamente mayor. Durante bastante tiempo se pensó que no podía haber gotas de lluvia con un diámetro superior a los 6 mm, ya que este valor era considerado un límite teórico a su crecimiento y, para valores mayores, la gota irremediablemente tenía que dividirse en dos o más gotas de menor tamaño, al romperse el equilibrio entre la tensión superficial y la presión interna.

Sin embargo, en 2004, investigadores de la Universidad de Washington (EE. UU.) midieron gotas de 8,8 mm de diámetro en dos zonas tropicales distintas: en plena selva brasileña y en el atolón Kwajalein, de las islas Marshall. Esas gotas gigantescas, detectadas desde aviones con instrumentos láser, sugieren la existencia de múltiples colisiones entre gotas de menor tamaño en zonas de nubes de muy elevado contenido de agua líquida, así como de gotas ligeramente más grandes, de hasta 1 cm de diámetro.

En el caso de los cristales de hielo, su crecimiento en el interior de la nube se debe principalmente a la sublimación del vapor de agua presente en el ambiente sobresaturado donde ha tenido lugar la nucleación del hielo. Dependiendo de las condiciones ambientales en ese frío entorno, los cristales adoptan unas u otras formas, aunque todos ellos mantienen una estructura hexagonal dictada por la geometría cristalina del hielo. La agregación de diferentes cristales da lugar a los copos de nieve. Si en su caída atraviesan una capa atmosférica donde la temperatura del aire supera los 0 °C, los copos se funden y se convierten en gotas de lluvia. Si bien estas gotas de agua muy fría son aparentemente iguales que las que proceden de una nube cálida, como hemos visto, la historia que ha dado lugar a cada uno de esos tipos de gotas es diferente. ■

» en un ambiente saturado, rico en microgotas y en gotículas algo mayores, desencadena el crecimiento de estas últimas a costa de la evaporación de las primeras, lo que da como resultado la formación de gotitas de nube de mayor tamaño. Observamos este comportamiento en las que quedan en un cristal después de llover. En su distribución inicial hallamos gotas de todos los tamaños, pero a medida que pasa el tiempo, las más pequeñas van desapareciendo –se van evaporando– y quedan cada vez menos, pero de mayor tamaño.

LA COALESCENCIA HACE SUYO EL LEMA DE 'LA UNIÓN HACE LA FUERZA'

Si en lugar de una nube cálida tenemos una fría o mixta, donde la temperatura es inferior a 0 °C en toda ella o en parte, respectivamente, la nucleación da como resultado embriones de hielo que evolucionan a cristales. Estos últimos, en determinado rango de temperaturas bajo cero, coexisten con gotitas de agua subfundida, que terminan evaporándose y aportando más hielo a los citados cristales, por lo que crecen a expensas de ellas. Así lo establece una conocida teoría de microfísica de nubes concebida por el meteorólogo noruego Tor Bergeron (1891-1977) y completada y mejorada por su colega alemán Walter Findeisen (1909-1945). La clave de ese proceso reside en el hecho

EL TAMAÑO PROMEDIO DE UNA GOTAS DE LLUVIA ES DE 2 MILÍMETROS