El astrofísico Jason Ahrns captó esta imagen de un duende desde un avión del Centro Nacional de Investigación Atmosférica estadounidense. Los duendes son descargas eléctricas que surgen por encima de las nubes de tormenta. El color rojo se debe a la reacción de moléculas de nitrógeno a la electricidad de la alta atmósfera.

JASON AHRNS

MISTERIOSOS DESTELLOS FUGACES

La actividad eléctrica de las tormentas, descubierta por Benjamin Franklin a través de un experimento que llevó a cabo con una cometa en 1752, no se limita a los peligrosos rayos que generan. En los últimos años, gracias a los avances de las técnicas fotográficas y de imagen, hemos conocido la existencia de un amplio muestrario de destellos de luz ligados a los sucesos tormentosos. Son tan poco duraderos que resultan casi imposibles de captar por el ojo humano. Hablamos de los llamados eventos luminosos transitorios, como elfos, duendes, halos y chorros azules. Estos tienen lugar en la alta atmósfera e intrigan a los estudiosos de la meteorología y las ciencias atmosféricas por su espectacularidad y fugacidad.

Texto de
JOSÉ MIGUEL VIÑAS

»

La noche del 5 al 6 de julio de 1989, un equipo de científicos de Estados Unidos dirigido por John R. Winckler estaba probando una cámara fotográfica que iba a instalar en un cohete de investigación atmosférica. De forma inesperada, al visionar el material grabado, comprobó que había captado unas intensas emisiones de luz de apenas unas centésimas de segundo de duración que surgían muy por encima de una tormenta lejana, situada a cientos de kilómetros. Acababan de fotografiar por primera vez un duende o *sprite*, un tipo de destello luminoso del que se venía hablando desde hacía más de un siglo pero que nunca había sido detectado.

A raíz de ese hallazgo fortuito, los físicos empezaron a interesarse más en serio por los llamados eventos luminosos transitorios (ELT), y abrieron un campo de investigación que sigue arrojando sugerentes resultados. Los rayos cósmicos procedentes del espacio exterior juegan un importante papel tanto en la aparición de los ELT como en la generación de las propias descargas eléctricas de las tormentas. Aunque aún no hay una teoría completa que explique todos los fenómenos observados, sabemos que gracias a estas manifestaciones eléctricas se mantiene constante la enorme diferencia de potencial (300.000 voltios) que hay entre la superficie terrestre y la ionosfera. A principios de los noventa, físicos de la universidad californiana de Stanford predijeron la existencia de pulsos electromagnéticos entre las cimas de las tormentas y la alta atmósfera, que luego confirmaron mediante fotos y videos. Se ha podido comprobar, por ejemplo, que los duendes están asociados a descargas de rayos positivos nube-tierra y que surgen con un ligero retardo respecto a ellos.

Los ELT son los fenómenos más exóticos y escurridizos que ocurren en la alta atmósfera. Conviven con las auroras polares, las nubes noctilucentes (formadas en la mesosfera) y los meteoroides de origen extraterrestre convertidos en estelas luminosas (meteoros) al friccionar en su caída con los gases atmosféricos. A medida que han ido siendo captados por cámaras ultrasensibles, los científicos les han puesto nombres llamativos, como elfos (*elves*), chorros azules (*blue jets*), gnomos, troles y pixies, entre otros.

FILMACIONES TOMADAS DESDE LOS TRANSBORDADORES ESPACIALES DE LA NASA EN LOS AÑOS 90 fueron dando cada vez más pistas sobre su naturaleza. Los duendes, también llamados espectros, son los ELT más frecuentes. Visualmente recuerdan a los fuegos artificiales y a las medusas. Surgen como consecuencia de cambios bruscos en el campo eléctrico generados por ciertos rayos, preferentemente de carga positiva, por encima de las nubes de tormenta. Son enormes: a veces se extienden desde 40 km hasta casi 100 km de altitud. Su retardo respecto a los rayos que los forman tiró por tierra los primeros modelos teóricos que trataban de explicar su formación.

Para que tenga lugar una descarga eléctrica en la mesosfera (entre 50 km y 80 km de altitud) se

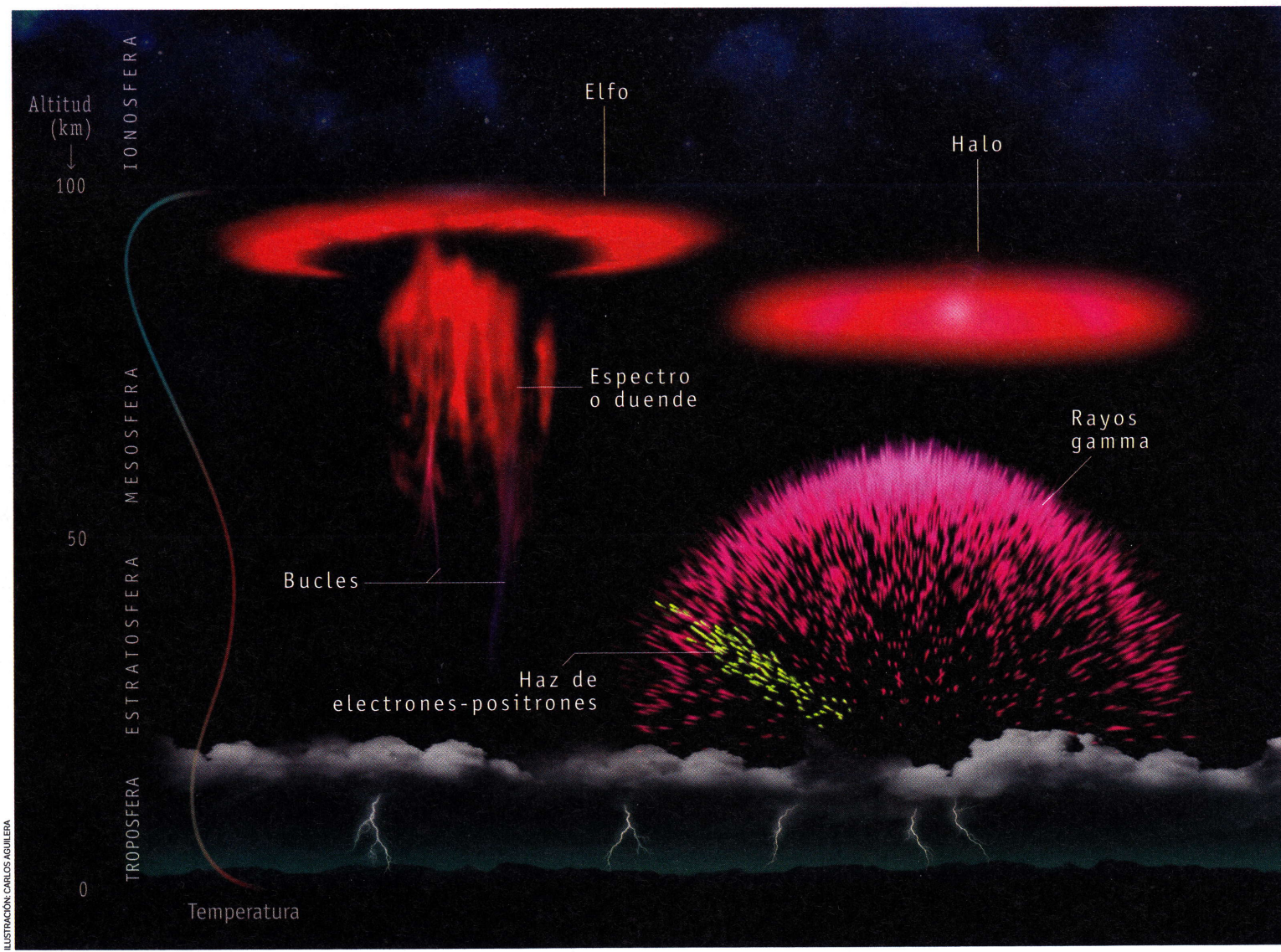


ILUSTRACIÓN: CARLOS AGUILERA

Algunas descargas luminosas pueden llegar a abarcar hasta 100 kilómetros de diámetro, pero solo duran de uno a dos milisegundos

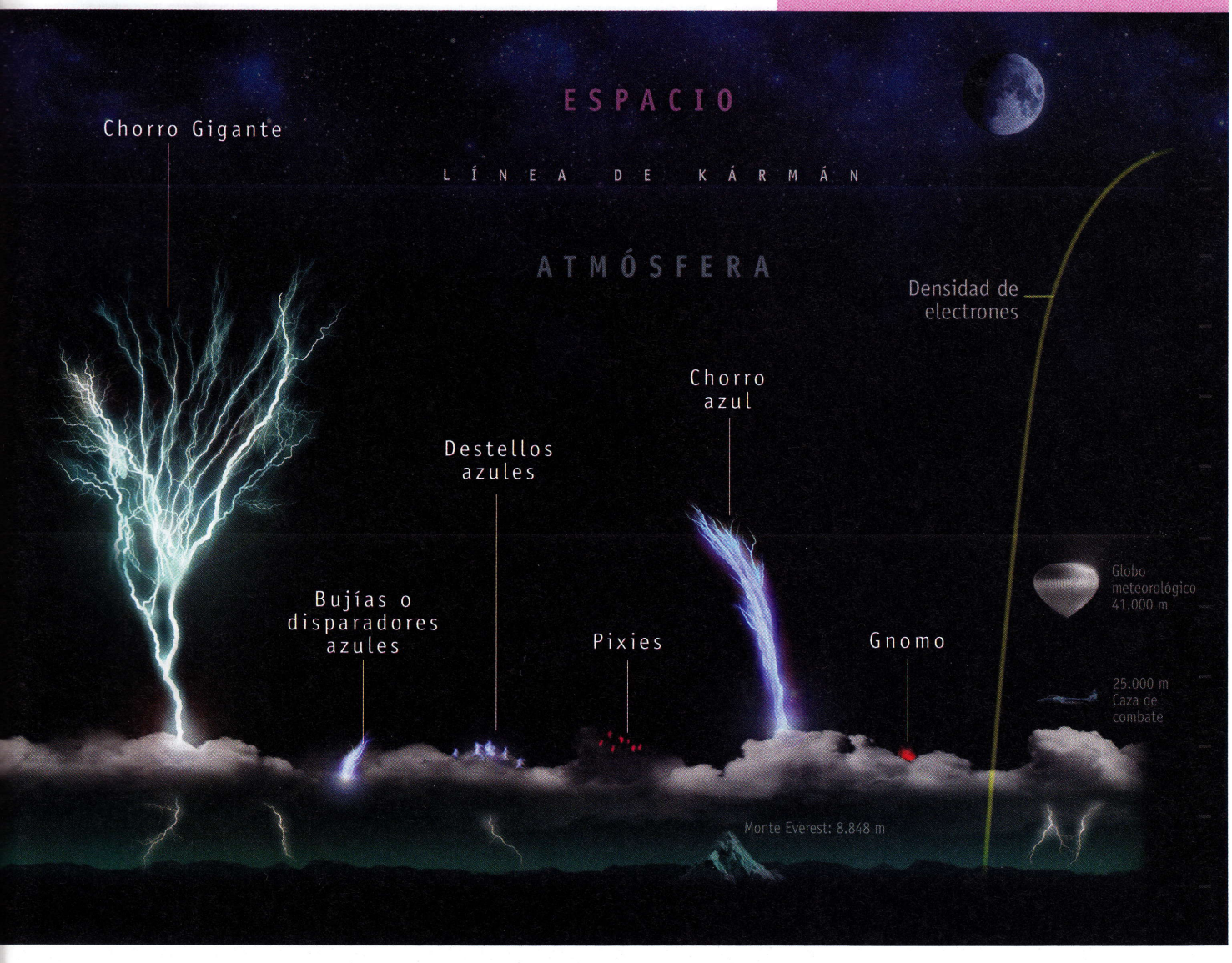
necesitan electrones libres, pero en esas alturas, donde el aire está muy ionizado, se requiere un mecanismo adicional de producción, llamado *desprendimiento asociativo,* que no se da en las capas bajas de la atmósfera, mucho más densas y sometidas a mayor presión. Los duendes presentan una parte superior difusa y una inferior constituida por filamentos de aire ionizado de entre 10 y 100 metros de grosor conocidos como dardos o *streamers*. Ahí se generan campos eléctricos de gran intensidad, lo que permite el paso libre de carga y produce esos fugaces destellos como tentáculos en la parte de abajo de los duendes. Por arriba, la mayor ionización del aire impide la formación de los filamentos y genera una descarga difusa conocida como duende halo. En la zona superior, los duendes son rojizos, y en la inferior, azulados. La causa de esa diferente coloración reside en los distintos estados de excitación de las moléculas de nitrógeno: mientras que en cotas bajas predominan las moléculas del estado excitado A (con emisión de luz azul), más arriba, donde hay menos colisiones de cargas eléctricas con moléculas, domina el estado excitado R (luz roja).

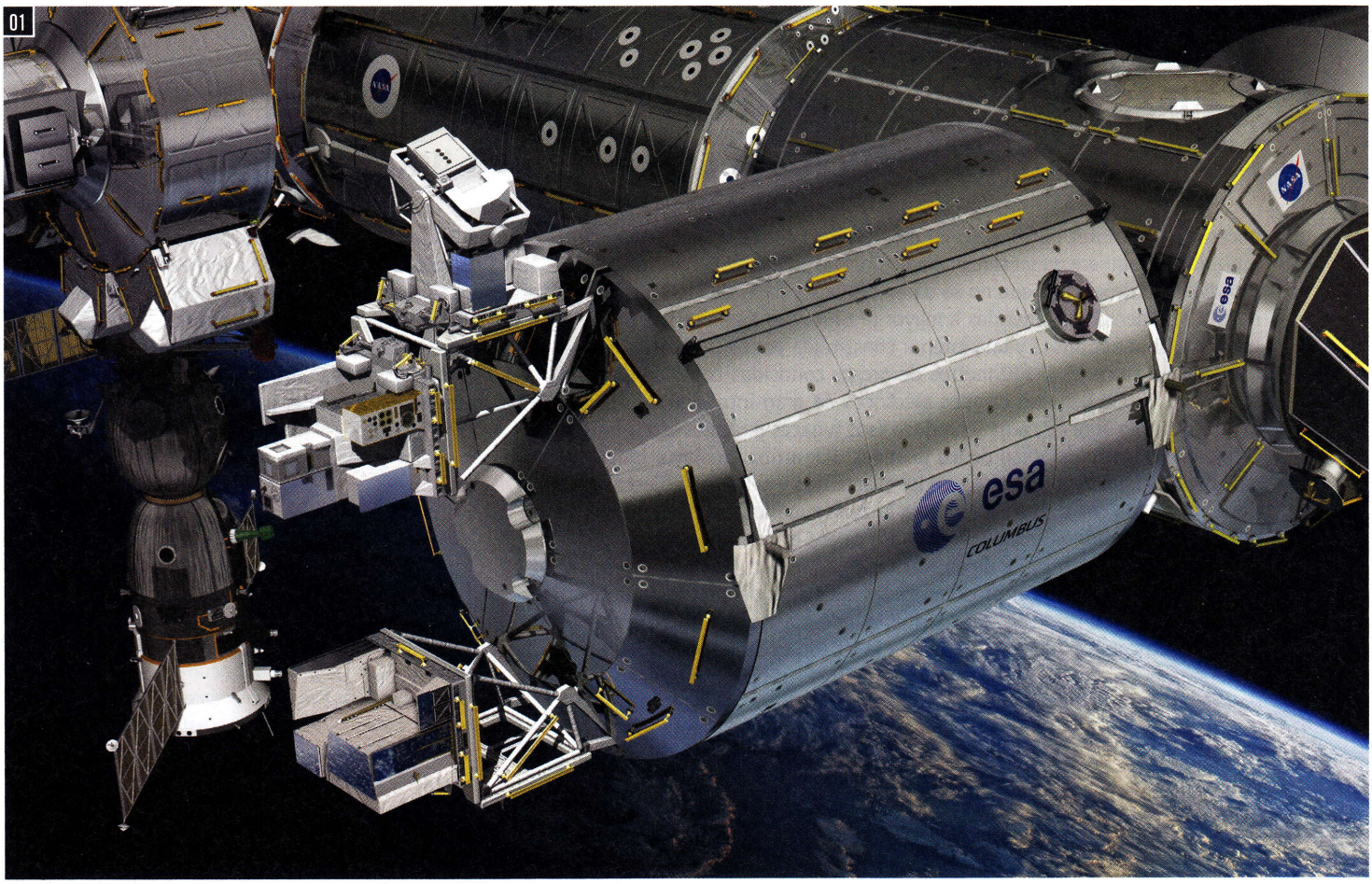
Aunque la duración de los duendes es ínfima –centésimas de segundo– se ha comprobado que los hay rápidos y retardados –el retraso de los más lentos es de milisegundos–. Respecto a sus formas, hay tres básicas: medusa, zanahoria y columna. La zona superior, donde ocurre la descarga difusa (duende halo), está en la parte alta de la mesosfera, a unos 80 km de altitud y genera un destello de unos 100 km de diámetro. Es una manifestación luminosa particularmente fugaz, de entre 1 y 2 milisegundos.

Los duendes halo se identificaban con los elfos, pero ahora se consideran fenómenos independientes. Ni unos ni otros son descargas eléctricas ordinarias como el rayo o las ramificaciones de la parte inferior de los duendes, sino el resultado de una descarga difusa, aunque de origen distinto. Los elfos se fotografiaron por primera vez en 1996 y están generados por pulsos electromagnéticos que

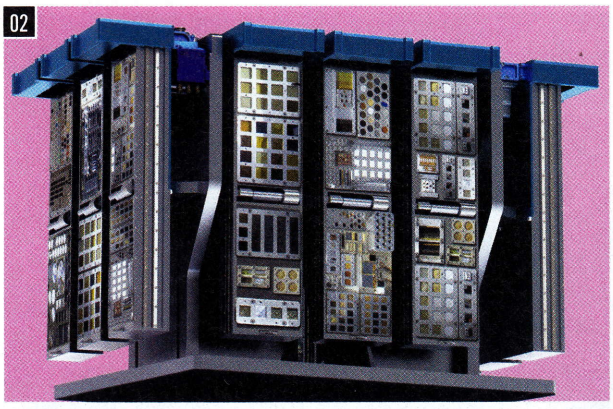
Luces en el cielo

Los investigadores usan los términos *descargas superatmosféricas* o *eventos luminosos transitorios* para referirse a un grupo de fenómenos eléctricos fugaces que ocurren a altitudes muy superiores a las de los destellos normales como rayos o relámpagos. En esta infografía aparecen los más conocidos hasta ahora por los científicos, con sus formas y colores diversos y la capa de la atmósfera con la altura aproximada en que se desencadenan, siempre por encima de los cumulonimbos o nubes de tormenta.





CORTESÍA ESA



ALPHA SPACE

ALAMY

01 Ilustración de la misión ASIM (Atmosphere-Space Interactions Monitor) acoplada en el laboratorio Columbus, un módulo que forma parte de la Estación Espacial Internacional (EEI). Desde ahí, expertos de la ESA y la NASA observan desde la pasada primavera las capas altas de la atmósfera donde se generan los chorros, gnomos, troles, destellos de rayos gamma y otros eventos luminosos transitorios (ELT) relacionados con tormentas eléctricas. **02** En la EEI también se llevan a cabo experimentos sobre la reacción de diversos materiales al ser expuestos a la acción de esos fenómenos físicos. **03** El astronauta de la ESA Andreas Mogensen, primer danés en viajar al espacio, logró captar en vídeo desde la EEI algunos chorros azules, duendes y otros fenómenos asociados a los ELT.

Solo duendes, chorros azules y gnomos son observables a simple vista, pero deben darse unas condiciones muy especiales

ARCHIVO TKM

Las nubes noctilucentes son las más altas de la atmósfera terrestre. Se forman en la mesosfera, a unos 75 km de altura, en la zona donde surgen los duendes y otros eventos luminosos.

suceden en la ionosfera, entre los 85 km y los 95 km de altitud. Tienen forma de rosquilla o donut y miden entre 150 y 400 km de diámetro, con una anchura en la vertical de unos 10 km. Su resplandor aparece instantes después de generarse el rayo y justo antes de que surjan los duendes; apenas dura un milisegundo. Los elfos ionizan y calientan significativamente la alta atmósfera y modifican sus propiedades físico-químicas.

Mucho más abajo, en la zona fronteriza entre la troposfera y la estratosfera, en el tope de los cumulonimbos (nubes de tormenta), se generan unos espectaculares ELT que alcanzan gran altura. Se trata de los llamados chorros azules (*blue jets*), grabados en vídeo por primera vez en 1994 en Alaska. Estas columnas luminosas alargadas de intenso color azulado se generan a unos 15-18 km sobre la superficie terrestre, salen eyectadas hacia arriba a velocidades de hasta 100 km/s y pueden alcanzar alturas de hasta 45 km. A veces duran décimas de segundo, lo que ha permitido observarlos a ojo. Emergen en la parte superior del núcleo de la tormenta, donde hay más actividad eléctrica y más rayos. Los que superan el tamaño medio se catalogan como chorros azules gigantes. El dardo o canal de descarga a través del cual progresan desplaza cargas positivas, al contrario de lo que ocurre con la mayoría de los rayos nube-tierra, que son negativos.

DESDE EL TOPE DEL CUMULONIMBO TAMBIÉN PUEDEN EMERGER OTROS RAYOS ASCENDENTES MÁS PEQUEÑOS. Entre ellos están los disparadores azules (*blue starters*), más brillantes que los chorros pero que apenas alcanzan unos pocos kilómetros de altura sobre la nube. Se han observado a veces encima de tormentas que dejan intensas granizadas. También pueden escapar hacia arriba rayos convencionales nube-atmósfera, generalmente rectos, con una duración de entre dos y cinco segundos y con un canal de descarga de color blanco o amarillo, si bien a veces los corona un destello azul.

La familia de ELT la completan los gnomos, los pixies y los troles. Los primeros son un caso especial de disparadores azules, de estructura más compacta. No se extienden más allá de un kilómetro desde el tope nuboso ni superan los 200 metros de ancho. Los pixies son puntos de luz de menos de 16 milisegundos que aparecen a veces en la protuberancia nubosa que corona la tormenta, justo donde surgen los gnomos. En cuanto a los troles, se parecen a los chorros azules, pero son rojos y nacen después de que los dardos de los duendes se extiendan hacia abajo, en dirección a la nube tormentosa.

De todos los ELT conocidos, los duendes, los chorros azules y los gnomos son los únicos que, bajo condiciones óptimas, pueden observarse a simple vista, ya que duran más. Para conseguirlo, hay que elegir un lugar sin contaminación lumínica en una noche sin luna en el cielo y que haya una gran tormenta activa a unos 100 km de distancia. Luego hay que alzar la vista por encima del tope de la tormenta y cruzar los dedos.

Los investigadores de la alta atmósfera están estrechando el cerco a los ELT, sus causas físicas y sus consecuencias a escala global. Ya está en marcha la misión Atmosphere-Space Interactions Monitor (ASIM), proyectada por la Agencia Espacial Europea (ESA) con el objetivo de colocar cámaras y detectores de rayos X e Y en la Estación Espacial Internacional, desde donde se podrá observar la alta atmósfera y estudiar jets, duendes y destellos de rayos gamma terrestres relacionados con tormentas eléctricas. Quizá puedan confirmar que los rayos cósmicos también intervienen en el proceso de generación de los ELT, como así parece, pues sin ellos no se explica toda la fenomenología observada. En todo caso, los nuevos descubrimientos arrojarán más luz sobre el papel de estos destellos en el circuito eléctrico global terrestre y la más que posible influencia en ellos de causas extraterrestres. □