

# NOTICIAS

SECCIÓN COORDINADA POR MANUEL PALOMARES CALDERÓN

## Imágenes de octubre de las lagunas formadas en las extraordinarias inundaciones del 7 y 8 de septiembre en el Sahara

Fuente: NASA, Copernicus, *Tiempo y Clima* y diversos medios

A principios de septiembre la desviación hacia el norte de una onda del este africana dio lugar a inundaciones en el noroeste del desierto del Sahara los días 7 y 8. Los análisis satelitales preliminares de la NASA, basados en datos IMERG<sup>1</sup>, mostraban precipitaciones acumuladas de lluvia de varias decenas de mm, superando en algunos lugares los 200 milímetros. Si bien gran parte de la lluvia cayó en zonas escasamente pobladas, los medios informaron de inundaciones repentinas que causaron más de veinte fallecidos, viviendas

derruidas, carreteras dañadas e interrupciones en el suministro de electricidad y agua en varias aldeas de Marruecos y Argelia.

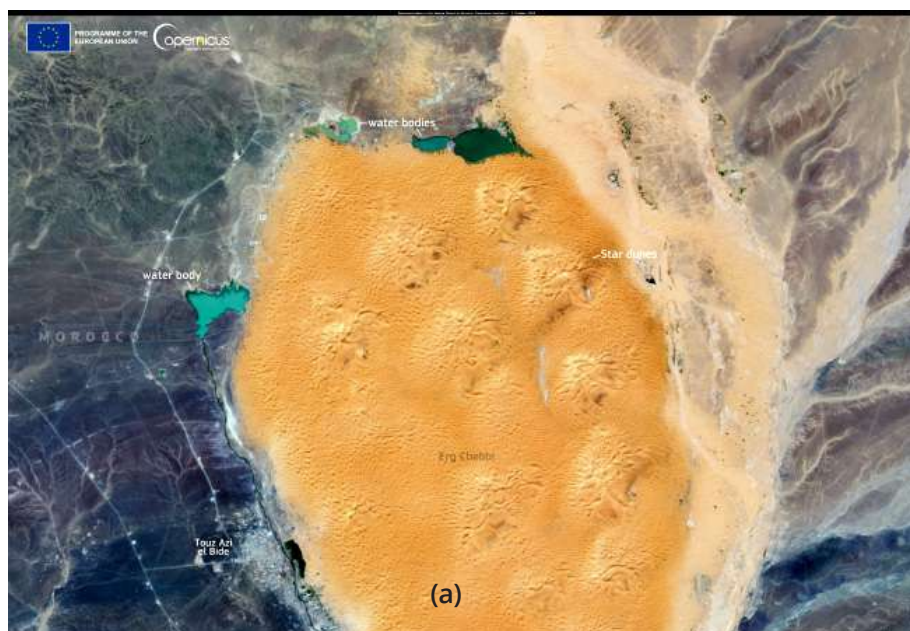
En la ilustración (arriba) se muestra la imagen generada por uno de los satélites Sentinel-2 de Copernicus el 1 de octubre, en la que se observa una serie de lagunas efímeras formadas en Erg Chebbi tras las lluvias torrenciales. Las áreas cubiertas por agua aparecen con color azul, y el tono del azul depende de la profundidad del agua y la cantidad de sedimento en suspensión. Erg Chebbi es uno de los erg del Sahara en Ma-

rruecos; está situado en el sudeste del país (ver su localización en la ilustración), posee un espectacular mar de dunas en forma de estrella. Una de estas dunas se muestra en la ilustración (abajo), junto a una de las lagunas en una fotografía tomada el 14 de octubre.

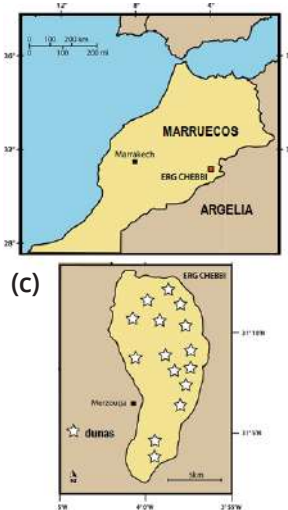
El fenómeno meteorológico se produjo por un desplazamiento anómalo hacia el norte de la línea de discontinuidad intertropical (ITD, *Inter Tropical Discontinuity*) que arrastró desde el Sahel a una onda africana del este. El desplazamiento fue causado por la intensificación repentina del anticiclón del norte de África en el centro del Sahara, como se explica en un artículo de este número de *TyC*.

Celeste Saulo, secretaria general de la Organización Meteorológica Mundial, dijo a los periodistas que los ciclos del agua en todo el mundo estaban cambiando. "Como resultado del aumento de las temperaturas, el ciclo hidrológico se ha acelerado. También se ha vuelto más errático e impredecible, y nos enfrentamos a problemas crecientes de exceso o falta de agua".

Se puede añadir a las palabras de Saulo, que también las teleconexiones se están fortaleciendo con el cambio climático: las inundaciones en la India y Pakistán, en Sudán, en el Sahel y el Sahara, y en Centroeuropa, en los últimos días de agosto y primera quincena de septiembre de 2024, están claramente conectadas.



(a) Imagen de uno de los satélites Sentinel-2 de Copernicus el 1 de octubre de 2024; (b) foto del 14 de octubre de 2024 de uno de los lagos efímeros junto a una de las dunas en forma de estrella del Erg Chebbi (foto de Javier de la Orden Gómez); (c) situación y mapa de Erg Chebbi;



<sup>1</sup> <https://gpm.nasa.gov/data/imerg>

# Se publican los primeros datos preoperativos del Instrumento de imágenes FCI del satélite Meteosat de Tercera Generación de EUMETSAT

Fuente: EUMETSAT y *Tiempo y Clima*

## Los satélites Meteosat de Tercera Generación

El sistema Meteosat de Tercera Generación (MTG) es uno de los sistemas de satélites meteorológicos más innovadores jamás diseñados. Cuando el sistema esté completamente desplegado, constará de cuatro satélites de imágenes (MTG-I) con capacidades nuevas y mejoradas, especialmente los instrumentos *Flexible Combined Imager* (FCI) de combinación de imágenes y *Lightning Imager* (LI) de captación de descargas eléctricas entre nubes o nube - suelo. Además, por primera vez en el mundo, EUMETSAT gestionará dos satélites de sondeo geoestacionario (MTG-S) que llevarán una sonda infrarroja y el instrumento del programa Copernicus (Comisión Europea) Sentinel-4 para datos en ultravioleta, visible e infrarrojo cercano. Se está discutiendo la posibilidad de añadir un tercer satélite de sondeo.

El primer satélite de imágenes (Imager 1, abreviadamente MTG-I1 y también denominado Meteosat 12) se lanzó con éxito el 28 de diciembre de 2022 alcanzando su órbita prevista a 36 000 km sobre el ecuador. Con algo de retraso, en otoño de 2023, se difundieron datos todavía no operativos del instrumento LI. Sorprende bastante que se haya retrasado más de 20 meses (septiembre 2024) la publicación de los primeros datos e imágenes del instrumento FCI pero con la consideración todavía de no operativos. Ciertamente la puesta en operaciones de los instrumentos en vuelo y el acceso por los usuarios requiere un proceso muy complejo, pero hay que tener en cuenta que el sistema MTG se solapará durante bastantes años con el anterior sistema de MSG, por lo que no hay excesiva prisa en que estén operativas todas las misiones del MTG-I1. El primer satélite de sondeo MTG-S1 se pondrá en órbita durante 2025 y en 2026 el lo hará el primer “hermano” del MTG-I1, el MTG-I2. Los demás se irán lanzando dentro de un periodo aproximado de veinte años.

## El instrumento FCI

El 24 de septiembre de 2024 se empezaron a hacer públicos los nuevos datos L1c del instrumento FCI del MTG-I1. El FCI utilizará dos servicios de escaneo para crear una imagen de los episodios que evolucionan rápidamente. Los datos recogidos a lo largo de 16 bandas espectrales ofrecerán información precisa desde nubes hasta vapor de agua, océanos o incendios locales.

El instrumento FCI releva al SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) del MSG. Los requisitos del FCI fueron formulados por las comunidades regionales y globales de predicción numérica del tiempo y de *nowcasting*. Uno de ellos es que permite escanear el disco Tierra completo en diez minutos, o el cuarto superior del disco, (es decir, África del norte y Europa) en 2.5 minutos. Tiene canales en 16 intervalos espectrales que cubren longitudes de onda desde el visible hasta el infrarrojo. Las imágenes permitirán una predicción más temprana de episodios climáticos severos, mejoras en los pronósticos y mejoras en los sistemas meteorológicos esenciales y los eventos ambientales.

La siguiente tabla muestra las características espectrales y espaciales de los canales del FCI. Los canales espectrales VIS 0.6, NIR 2.2, IR 3.8 e IR 10.5 se suministran en dos configuraciones de muestreo espacial: resolución normal y alta resolución (HR).

| Canales | Longitud de onda central, $\lambda_0$ | Anchura espectral, $\Delta\lambda_0$ | Distancia espacial de muestreo |
|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| VIS 0.4 | 0.444 $\mu\text{m}$                   | 0.060 $\mu\text{m}$                  | 1.0 km                         |
| VIS 0.5 | 0.510 $\mu\text{m}$                   | 0.040 $\mu\text{m}$                  | 1.0 km                         |
| VIS 0.6 | 0.640 $\mu\text{m}$                   | 0.050 $\mu\text{m}$                  | 1.0 km 0.5 km (HR)             |
| VIS 0.8 | 0.865 $\mu\text{m}$                   | 0.050 $\mu\text{m}$                  | 1.0 km                         |
| VIS 0.9 | 0.914 $\mu\text{m}$                   | 0.020 $\mu\text{m}$                  | 1.0 km                         |
| NIR 1.3 | 1.380 $\mu\text{m}$                   | 0.030 $\mu\text{m}$                  | 1.0 km                         |
| NIR 1.6 | 1.610 $\mu\text{m}$                   | 0.050 $\mu\text{m}$                  | 1.0 km                         |
| NIR 2.2 | 2.250 $\mu\text{m}$                   | 0.050 $\mu\text{m}$                  | 1.0 km 0.5 km (HR)             |
| IR 3.8  | 3.800 $\mu\text{m}$                   | 0.400 $\mu\text{m}$                  | 2.0 km 1.0 km (HR)             |
| WV 6.3  | 6.300 $\mu\text{m}$                   | 1.000 $\mu\text{m}$                  | 2.0 km                         |
| WV 7.3  | 7.350 $\mu\text{m}$                   | 0.500 $\mu\text{m}$                  | 2.0 km                         |
| IR 8.7  | 8.700 $\mu\text{m}$                   | 0.400 $\mu\text{m}$                  | 2.0 km                         |
| IR 9.7  | 9.660 $\mu\text{m}$                   | 0.300 $\mu\text{m}$                  | 2.0 km                         |
| IR 10.5 | 10.500 $\mu\text{m}$                  | 0.700 $\mu\text{m}$                  | 2.0 km 1.0 km (HR)             |
| IR 12.3 | 12.300 $\mu\text{m}$                  | 0.500 $\mu\text{m}$                  | 2.0 km                         |
| IR 13.3 | 13.300 $\mu\text{m}$                  | 0.600 $\mu\text{m}$                  | 2.0 km                         |

Características espectrales de los canales del FCI

Los nuevos datos, para una serie de productos seleccionados, están disponibles en EUMETCast, en el Data Store y en EUMETView. En ésta última aplicación ya se pueden visualizar cinco tipos de imágenes o productos del FCI: FCI HRFI VIS0.6 $\mu\text{m}$ , imagen visible del disco completo con resolución espacial de 0.5 km; FCI HRFI IR10.5 $\mu\text{m}$  imagen infrarroja del disco completo con resolución espacial de 1 km y los novedosos productos de composición RGB (*Roj*o, *verde* y *azul*) *Color Verdadero* (*True Colour*), *Geocolor* (*GeoColour*) y *Fase de Nube* (*Cloud Phase*). La guía para usuarios se pueden encontrar aquí: [MTG FCI level 1c data guide](#).

## Composición RGB “color verdadero” y otras composiciones

Hay que destacar que los nuevos productos de imágenes incluyen, por primera vez para Europa y África desde órbita geoestacionaria, una composición de los tres colores básicos de la luz, rojo, verde y azul (abreviadamente una *RGB*) denominada “color verdadero” o “True Colour” que proporciona los colores naturales de la Tierra y la atmósfera durante el día tal como los percibe el ojo humano.

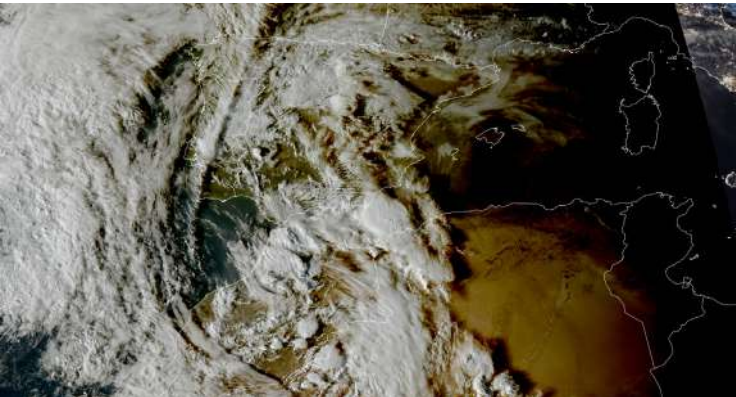


Imagen RGB “color verdadero” (True Colour RGB) de las 16:30 UTC del 14 de octubre de 2024 con 1 km de resolución espacial

Los canales sensibles a las luces roja, verde y azul se visualizan en los respectivos haces de color lo que da como resultado colores realistas que imitan cómo el ojo humano vería la imagen. Antes de crear esa RGB, se elimina el efecto de dispersión de Rayleigh de cada banda, para evitar que la imagen sea borrosa. Los aerosoles se ven mejor en esta RGB que en las otras RGB estándar de onda corta, ya que el efecto de dispersión es más fuerte en longitudes de onda más cortas. También se aplica un método especial a la banda verde del FCI para que coincida con mayor precisión con las áreas con vegetación y bosque.

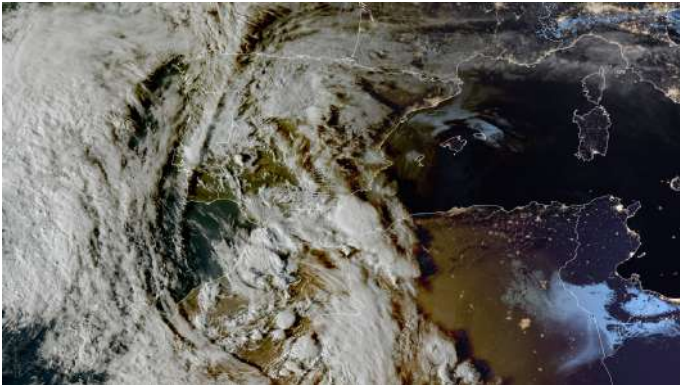
### Composición RGB “GeoColor”

La RGB GeoColor combina la RGB Color Verdadero con la información diferencial de los canales IR para representar las nubes en diferentes colores, superpuestas sobre las luces estáticas de las ciudades para la parte nocturna del disco completo. Para la parte diurna, la RGB Color Verdadero proporciona colores naturales de la Tierra y la atmósfera. Durante la noche se utilizan el canal IR 10.5  $\mu\text{m}$  y la diferencia de niebla (10.5  $\mu\text{m}$  – 3.8  $\mu\text{m}$ ) para identificar nubes de hielo y agua líquida, que se muestran en colores blanquecinos y azulados, respectivamente. Son parcial-

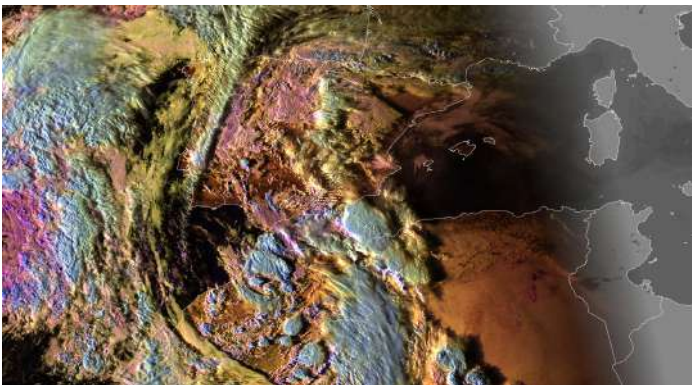
mente transparentes y se colocan sobre el fondo estático mármol negro de la NASA. Hay que tener en cuenta que el mármol negro es una capa estática y no refleja las condiciones reales de las luces de la ciudad. La GeoColor se desarrolló por primera vez para los satélites de la serie GOES-R en el Instituto Cooperativo para la Investigación de la Atmósfera (CIRA) y la Rama de Meteorología Regional y de Mesoscala (RAMMB; *Regional and Mesoscale Meteorology Branch*).

### Composición RGB “Fase de nube”

La RGB Fase de Nube es una RGB que tiene como objetivo diferenciar las nubes de agua de las nubes de hielo y proporcionar información sobre el tamaño de las partículas de la parte superior de las nubes durante el día. Separa las nubes de agua de las nubes de hielo de forma más fiable que los RGB SEVIRI actuales. En el caso de nubes de agua y hielo espesos, la RGB Fase de Nube proporciona un buen contraste de color entre las regiones de la cima de las nubes cubiertas por partículas pequeñas y grandes. Esta RGB se genera utilizando las bandas NIR1.6, NIR2.25 y VIS0.6. Este RGB se genera con una resolución de 0.5 km, debido a las dos bandas de alta resolución utilizadas.



RGB GeoColor de las 16:30 UTC del 14 de octubre de 2024



RGB “fase de nube” (Cloud Phase RGB) de las 16:30 UTC del 14 de octubre de 2024

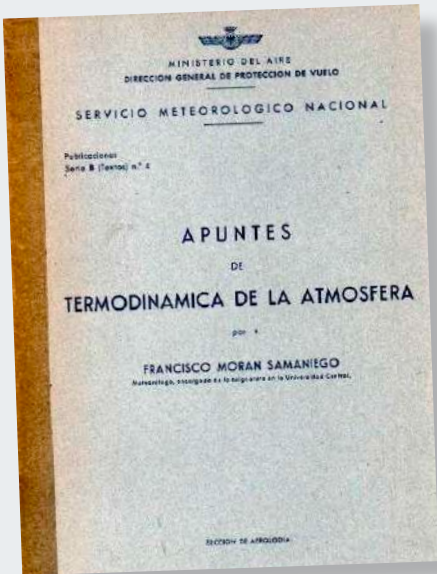
## La familia Morán Cabré cede a AEMET los derechos de autor de los “Apuntes de Termodinámica de la Atmósfera”

Fuente: Alejandro Méndez Frades y *Tiempo y Clima*

El pasado 23 de abril, la familia Morán Cabré y AEMET acordaron la cesión a la Agencia Estatal de Meteorología de los derechos de autor de la mítica publicación de 1944, “Apuntes de Termodinámica de la atmósfera” de Francisco Morán Samaniego. Gracias a este generoso gesto propiciado por sus hijos, ya es posible acceder en el repositorio oficial “Arcimis” al contenido de esta obra descatalogada<sup>2</sup>. A pesar de haber transcurrido ochenta años desde su publicación inicial por el entonces Servicio Meteorológico Nacional y cuarenta desde la edición facsímil de 1984 publicada por la misma institución con el nuevo nombre de Instituto Nacional de Meteorología, su vigencia es plena a día de hoy como así

lo evidencia el que siga siendo un texto de referencia para los estudios de posgrado universitario y para la preparación de las oposiciones a los cuerpos de meteorología del Estado.

Con toda seguridad, podría afirmarse que los “Apuntes” constituye la obra meteorológica más importante de cuantas se han editado en castellano. Su altura científica es tal que, tiempo atrás, despertó el interés de los más ilustres miembros de la escuela meteorológica alemana hasta el punto de plantear su traducción a su lengua vernácula. Desde la revista *Tiempo y Clima* celebramos este acuerdo y enviamos nuestra gratitud a familia Morán Cabré por facilitar su acceso.



Portada de la primera edición en 1944

<sup>2</sup> <https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/16036/1/Moran.pdf>

## El pecio del siglo XVII Delta 1y el gran tornado de Cádiz de 1671

Fuentes: *Diario de Cádiz, La Voz de Cádiz, Tiempo y Clima, Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz.*

A finales de julio de este año se llevó a cabo la extracción del fondo del mar de un pecio del siglo XVII en aguas de la bahía de Cádiz, una operación hasta ahora única en España. La hipótesis más plausible es que se trataría de los restos de a un galeón militar español del siglo XVII que transportaba abundantes materiales provenientes de América. La parte rescatada son unos 20 metros de un grandioso buque, que al parecer podría tener unos 50 m de eslora como se deduce del tamaño de los maderos de roble, y con una apretada disposición de las cuadernas, lo que significa que estaba preparado para la navegación transoceánica. Previamente, en 2013, fueron hallados en el pecio 27 cañones de hierro procedentes de

Suecia, 22 lingotes de plata procedentes de las minas del alto Perú (hoy Bolivia), con marcas que los datan en 1651, una campana, un astrolabio, cerámica variada, compases de navegación, elementos de cuero como suelas de zapatos, restos óseos de animales y trozos de guayacán, madera originaria de América muy apreciada por su resistencia, que se usaba para ciertas piezas de las embarcaciones y para usos médicos como tratar la sífilis o el reuma.

Con el material se va a abordar un estudio multidisciplinar que pretende determinar, entre otras cuestiones, la nacionalidad, el proceso de construcción, la tipología y la vida útil del barco, por qué estaba en Cádiz y a qué se debió su hundimiento. Una vez finalizados los trabajos arqueológicos, "las partes que componen el barco, ya desarticuladas, serán devueltas nuevamente al mar, donde se preservarán para el futuro en un depósito reversible y perfectamente georreferenciado" según declaraba a los medios Milagros Alzaga, jefa del Centro de Arqueología Subacuática CAS del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico.

### Causas del hundimiento

Según Alzaga, la hipótesis de partida que se baraja es la del hundimiento del buque por el gran tornado que arrasó Cádiz el 15 de marzo de 1671 que produjo gravísimos destrozos en el caserío de un tercio de la ciudad y en unas 17 embarcaciones que se encontraban en su bahía. En favor de esta hipótesis la campana aparecida en la excavación de 2013 reza "Jesús, María y José 1671". Sobre este evento se ocupó Tiempo y Clima en su número de julio de 2005 (<https://pub.>



Quilla rescatada en el pecio Delta 1. Foto de Óscar Cárdenas (Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz)

## 25.º Aniversario de la red de granizómetros en Lérida

Fuente: Universidad de León, ADV Terres de Ponent

El pasado 28 de septiembre se celebró el 25.º aniversario de la red de granizómetros que se extiende por varias comarcas de la provincia de Lérida. La red permite obtener información detallada de las precipitaciones de granizo en un área de unos 3000 km<sup>2</sup>, gracias a los más de 170 granizómetros que se encuentran operativos durante los periodos estivales. La red es de la Agrupación de Defensa Vegetal Terres de Ponent, la primera agrupación de esta clase creada en Cataluña; la financiación corre a cargo del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), y en lo relativo a los aspectos más científicos relacionados con los impactos producidos en los granizómetros, se encarga el Grupo de Física de la Atmósfera (GFA) de la Universidad de León.

El granizómetro es un aparato diseñado por el GFA que consiste en una placa de material sensible debidamente pintada de

blanco situada a una altura aproximada de 1.5 metros del suelo mediante una estructura metálica compuesta por una base rectangular, sobre la que se sitúa la placa, y un vástago que se fija vertical y fuertemente al suelo. Cuando el granizo impacta sobre la placa deja una huella que nos permite obtener los diferentes parámetros (diámetro, cantidad) que definen una granizada. Estos registros han sido utilizados por las compañías de seguros y los agricultores de estas comarcas para delimitar la extensión y estimar los daños tras un temporal de granizo.

En estos 25 años se han podido medir con detalle más de 150 mil piedras de granizo, constituyendo una base de datos que permite a los meteorólogos del SMC mejorar sus modelos de predicción así como haber desarrollado un modelo que permite detectar en tiempo real las precipitaciones



Granizómetro



**Campana aparecida en el pecio Delta 1. Foto de Óscar Cárdenas (Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz)**

[ame-web.org/index.php/TyC/article/view/567/563](http://ame-web.org/index.php/TyC/article/view/567/563)). El fenómeno tiene un grandísimo interés meteorológico y climatológico, pues no se conoce en España un tornado de tal intensidad. Los daños que produjeron estos vientos huracanados son los propios de un tornado F3 en la escala de Fujita. En esas fechas del siglo XVII reinaba Carlos II, cuyo reinado en lo económico ha sido calificado por diversos autores como “un remanso de paz”, aliviando la presión sobre sus súbditos, permitiendo el superávit y acabando con las sucesivas bancarrotas en las que incurrieron sus antecesores. Cádiz era entonces una ciudad pujante, que había resurgido del asalto y destrucción de los ingleses de 1596 y estaba tomando el relevo a Sevilla como puerto del comercio con América. La construcción civil era bastante sólida, los comerciantes con Indias levantaban edificios de monumentalidad palaciega. La piedra ya era uno de los materiales más utilizados en la arquitectura civil gaditana. Para la ciudad el evento del tornado tuvo una gran trascendencia, no solo por los daños que ocasionó, sino porque parece que condicionó la evolución de los miradores de sus

casas hacia lo que hoy se conoce como torres-miradores, elemento muy característico de su arquitectura.

Pero el hundimiento del galeón del pecio Delta 1 pudo haber sido causado por otro evento meteorológico. Así, al año siguiente, 1672, una borrasca con características tropicales sorprendió a la Armada del Mar Océano, cuando regresaba a Cádiz, frente al Algarve portugués, hundiendo una de sus naos, muriendo ahogados unas 400 personas, entre tripulantes y tropa embarcada, y desarbolando a buena parte de las otras naos que al final de muchas penalidades consiguieron llegar a Cádiz. Alguna de ellas pudo acabar hundida en la bahía. De esta borrasca y su impacto en la Armada trata uno de los artículos de este número de TyC.

Muy probablemente la causa del hundimiento del buque del Delta 1 fue meteorológica, pues, esa fue, con diferencia, la causa más frecuente de hundimiento de embarcaciones en la época del Imperio Español en América, y más en esa década de 1670 en la que España se mantuvo, sorprendentemente, al margen de los conflictos bélicos.



**Lingotes de plata del pecio Delta 1. Foto de Óscar Cárdenas (Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz)**



de granizo a partir de su red de radares meteorológicos de la banda C. Igualmente, la base de datos ha permitido avanzar en el conocimiento científico de este tipo de precipitaciones como lo acreditan más de una decena de publicaciones en revistas científicas que hacen uso de ella.

Aparte de en Cataluña, el granizómetro está implantado en comarcas de Aragón, y en el extranjero, en Francia, Reino Unido, Argentina y Grecia.



**Miembros de la ADV Terres de Ponent, del Servei Meteorològic de Catalunya, y del Grupo de Física de la Atmósfera de la Universidad de León, en la celebración del 25 aniversario de la red de granizómetros en Lérida**

**Placa de un granizómetro en la que se pueden apreciar los impactos producidos por el granizo**