

da como las llamadas "ciclogénesis explosivas". Estas últimas, formadas por jóvenes depresiones extratropicales que se profundizan repentinamente (una profundización de 24mb en 24 horas se denomina bomba meteorológica), pudiendo existir casos extremos como el de la pequeña depresión a la altura de la Bahía del Chesapeake con un valor de 996mb a las 0000 horas registrada el 4 de enero de 1989, y que 24 horas después se hundió a 936mb mientras se desplazaba al SW de la isla de Sable. Dichas casos se designan como "ultrabombas".

En circunstancias como la anterior, la intensidad del viento crece con tal rapidez que la altura de las olas puede provocar rápidamente una mar escarpada, con alturas significativas de ola de 8 metros, períodos alrededor de 10 segundos y longitudes de 150 metros; pero con algunas olas sustancialmente mayores.

Otro factor añadido y a veces no contemplado es la combinación del viento y la mar, con el cambio producido en el nivel de la superficie marina al paso de depresiones desarrolladas o en el extremo de los ciclones tropicales. La combinación del movimiento de la borrasca y la elevación producida por la menor presión de la columna atmosférica sobre la mar; desarrolla, genera la llamada "marea de temporal" o storm surge. El efecto de la misma en costas desnudas y bajas es evidentemente desastroso, pero si la marea formada es canalizada entre estrechos y fondos someros como la parte meridional del Mar del Norte, la elevación de las aguas se amplifica. En el caso de huracanes o de tormentas tropicales, la propia elevación del nivel de la mar también es un signo indicador de su proximidad a las costas.

## Corolario

El marino desde los inicios de su actividad, ha sido uno de los observadores más persistente del tiempo, ya que su trabajo y seguridad dependían en gran medida del mismo. Aunque actualmente los buques hayan progresado de forma prodigiosa en lo que concierne a seguridad constructiva, la no dependencia del viento ante la superioridad de la propulsión mecánica o la existencia de naves de tamaño cada vez mayor; no son en suma factores suficientes como para que el navegante pueda obviar la importancia de la atenta observación de la mar, de su evolución y sus efectos sobre el buque. Este condensado artículo ha pretendido recordarnos a todos el respeto y atención que le debemos a la mar.

## Bibliografía

**Burroughs, W.** et al., Maritime Weather and Climate. Whiterby Ed. 1999.

**Barry, R.G., Chorley, R.J.**, Atmósfera, tiempo y clima. Ed. Omega, Barcelona, 1972.

**Dashew, S. & L.**, Mariner's weather Handbook. Beowulf, Inc. Tucson, Arizona, 1998

**Martínez de Osés, F. X.**, Meteorología aplicada a la navegación. Edicions UPC, Barcelona. 2003

**NOAA** US Department of Commerce., Mariners Weather Log. Vol 44, Nº3. December 2000

# La Retorta del aire

coordinada por *Jose I. Prieto*

*El aire es azul por culpa de las tinieblas  
que están sobre él,  
pues el negro y el blanco engendran el azul.*

*Leonardo da Vinci*

## El Color del agua

Un razonamiento muy extendido liga el color de las superficies marinas al azul del aire. Parece que lo propuso Lord Rayleigh en su teoría del color, hacia 1899:

*El muy admirado azul oscuro del mar profundo es sólo  
el azul del cielo visto por reflexión.*

Su opinión era por entonces muy respetada, por lo que aún nos llegan sus ecos. A Rayleigh la vista del Everest desde su habitación de hotel le inspiró un curioso cálculo. De la falta de nitidez de los contornos de la montaña dedujo la refracción de

la luz en el aire, y de ella el número de moléculas por metro cúbico en tal aire. Unas décadas después, otro turista privilegiado, de viaje por el mar Rojo y el Mediterráneo, pondría en duda la azul conjetura, en un artículo sobre el color del Mediterráneo. La opalescencia de ese mar se debía según el profesor Raman a la dispersión de la luz solar por las moléculas de agua. No fue un hallazgo fortuito ni una conclusión apresurada. Escuchémosle:

*Las variaciones de densidad debidas a vibraciones moleculares alteran el índice de refracción y resultan en la dispersión de luz. Cuando eliminamos la reflexión superficial con un prisma de Nicol posicionado en el ángulo de Brewster, el color del mar mejora (...) Una capa de agua pura de más de 50 metros de profundidad muestra por dispersión molecular un color azul más saturado que luz celeste de intensidad parecida. El color azul se debe por tanto a difracción. La absorción ayuda a saturar el tono algo más.*

Su explicación podría traducirse en la recomendación de usar gafas polaroid para eliminar el brillo del cielo y apreciar

mejor la belleza del mar. A Raman le fascinaba no sólo la física, sino también la fisiología en torno a la luz:

*los dos grandes campos del saber exacto, que se cruzan en el misterio de la conciencia humana y su percepción del mundo externo.*

Además admiraba a Leonardo y a Helmholtz, otro aficionado al color y a la fisiología que vivió de 1821 a 1894. Hermann von Helmholtz inventó el oftalmoscopio, para ver el interior del ojo y medir su curvatura, y propuso el principio de conservación de la energía en 1847, resultado de su observación de que la energía de la vida venía de la oxidación del alimento, y el trabajo muscular, de cambios químicos en ese tejido. No era pues necesario aceptar ningún principio vital por encima de las leyes de la naturaleza. En cuanto a los colores, reavivó la teoría tricromática de la visión de Thomas Young, explicando que un color primario tiene efecto en los receptores retinales a los otros colores primarios. Eso dedujo de experimentos de exposición prolongada a un sólo color seguida de "alucinación" de tono contrario.

## Algo de algas

Hasta el advenimiento de los satélites y de los estudios específicos por parte de la NASA, nadie dió importancia al papel de las algas en el color del océano. El fitoplancton contiene clorofila para la fotosíntesis, que refleja en el verde. Aunque la vida microscópica puede antojársenos aburrida, tales algas están expuestas a predación por parte de variadas especies bacterianas y ballenas azules, que cierran el ciclo de



Figura 1. El fitoplancton, alimento de peces, aflora en zonas frías a la superficie (foto de NOAA).

la vida acuática. Los mismos atunes rondan las floraciones, que suelen encontrarse en aguas más frías. Las algas marinas, visibles incluso en las imágenes de Meteosat-8, proporcionan valiosa información a pescadores sobre el movimiento de los bancos de pesca, al menos a pescadores modernos, de segunda generación. Otro ejemplo de alteración hacia el verde de los tonos azules del mar son las praderas sumergidas y bosques de manglares, abundantes en litorales poco expuestos a las mareas. El calentamiento de las aguas está reduciendo su extensión a un ritmo del 3% anual a escala planetaria. Su capacidad de absorber CO<sup>2</sup> atmosférico es paulatinamente menor, por lo que la resistencia al cambio térmico global pierde un valor.

Las aguas del lago Atitlan, en Guatemala, son casi verdes. Con nubes, parecen plateadas, y el verde sólo aparece en lo más fino de unas olas que levanta el viento chocomil. Nos cuenta Celso Lara Figueroa de la recuperación de una casi ahogada en ese lago tras un episodio de chocomil intenso:

*... se fue a la casa de la mujer para hacerle beber el aliento de aquel brebaje. Con el efecto ella primero se puso transparente, como hecha de aire de tan liviana y dicen que temiendo que se volara, el marido le ató las trenzas en el mecate de la casa. Después de unos días la mujer aquella empezó a soltar quejidos y de a poco le volvió el color de los vivos y hasta ganas de mascar de nuevo su tortilla. A poco se alivió de veras, pero ya no más quiso saber de arrimarse al lago, y menos cuando cae la tarde y empieza a zumbiar ese viento; ella asegura que le sopla entre las piernas y por ahí abajo le quiere robar el alma de nuevo.*

Sin entrar a analizar la honestidad de intenciones del susodicho viento, parece cierto que hay que contar con las cenizas y la materia orgánica en suspensión al hablar del color de los lagos: barro, arcilla o sedimentos. Las bacterias llamadas cocolitofóridos generan bolas de carbonato cálcico que dan al agua un color turquesa lechoso. De muy distinto tono es el mar Rojo. El Mare Rostrum (en pico o espolón) de los romanos clásicos debe su connotación roja a las montañas a sus orillas, yermas y ricas en minerales. Pero el agua a veces está contaminada de poblaciones bacterianas de *Trichodesmium erythraeum* que dan esa misma tonalidad al mar. La menor salinidad y mayor turbiedad del agua en latitudes medias tienen una modesta contribución al color. El reflejo en el suelo desaparece a los 30 metros de profundidad, y a partir de ahí surge el azul característico. En cada metro se queda un quinto de la luz incidente, muy al contrario que en el rango infrarrojo, donde bastan unas decenas de micras para absorberlo todo.

## Por diferentes canales

El nuevo Meteosat, con canales finos en torno a 600 y 800 nanómetros, permite caracterizar la azuleidad del agua por la diferencia de albedo en esos dos canales. Esa diferencia depende esencialmente del ángulo de visión, como ocurre con la visión del mar desde la orilla, más azulada cuanto más nos elevamos sobre su nivel. Lo mismo sucede desde el satélite:

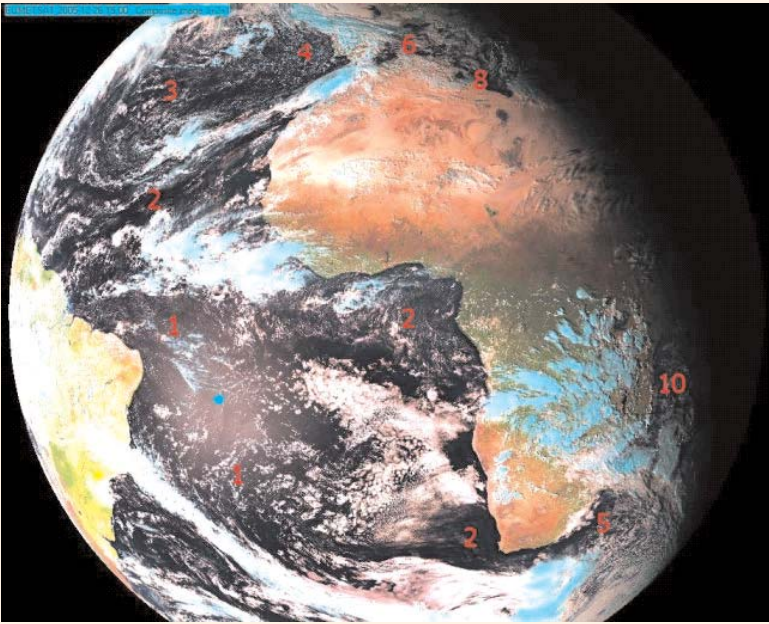


Figura 2. Las cifras en rojo son la diferencia porcentual en albedos entre los canales en torno a 0.6 y 0.8 micras. El sol a las 15:00 del pasado 26 de diciembre cae vertical sobre Sao Paulo, en el trópico de Capricornio.

Foto de Meteosat-8, composición de los canales en 1.6, 0.8 y 0.6 micras.

allí donde el ángulo de incidencia es mayor es también más fuerte el carácter azul de la luz recogida por el sensor. Eso se produce hacia el este en la figura 2. Por la tarde, el este es más azul, que diría cualquier poeta. Además de poner fuera de combate la noción de reflejo del cielo, estos datos confirman los resultados de espeluznantes modelos de capas. Sus resultados recuerdan la física de los cantos rodados que rebotan en el agua. Los modelos de capas se usan también para reproducir la condición de la piel humana sobre los parámetros de concentración de melanina y sangre, en funciones de absorbentes y dispersores. La apariencia de piel sedosa en algunas personas es sólo la consecuencia de un alto grado de dispersión hacia delante en la epidermis. La diferencia de tez entre razas se reduce a los factores de Fresnel. Pues vaya.

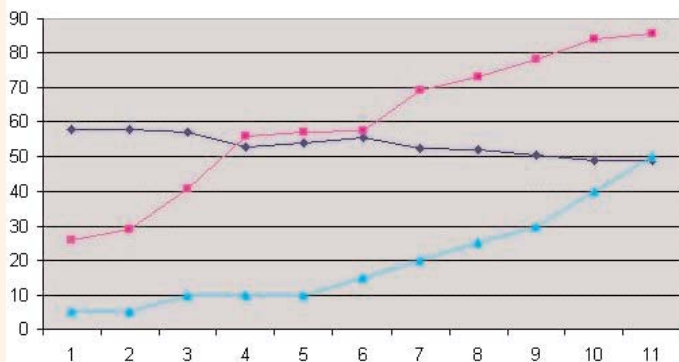


Figura 3. Paralelismo entre el ángulo de incidencia, medido desde el zenit (curva morada), y la diferencia de albedo en los canales 0.6 y 0.8 de Meteosat-8 (multiplicada por cinco, curva turquesa). La curva azul es el ángulo entre el rayo incidente y el reflejado para los puntos analizados en la figura 2, negativamente correlada con las otras curvas.

## Referencias en la Red

[science.hq.nasa.gov/oceans/living/color.html](http://science.hq.nasa.gov/oceans/living/color.html)

conduce a un catálogo de imágenes refrescantes.

[www.lsbu.ac.uk/water/vibrat.html](http://www.lsbu.ac.uk/water/vibrat.html)

muestra las habilidades gimnásticas de la pequeña molécula: extensiones simétricas y asimétricas, libraciones y plegamientos que permiten explicar cualquier tonalidad con que se presente o deje de presentarse el agua.

## Despedida

Con estas consideraciones angulares y epiteliales agoniza una etapa de la Retorta. Agradezco sinceramente las contribuciones recibidas, y el interés y confortantes palabras de todos los seguidores o colaboradores. A partir de ahora exploraremos otras formas de entretenimiento y comunicación con el paciente y amable lector.

# Congresos

## 32ª Conferencia de la AMS sobre Meteorología Radar

Las conferencias sobre meteorología radar de la "American Meteorological Society" (AMS) se celebran cada dos años, de forma alternada con sus homólogas europeas y son el foro científico más avanzado que existe sobre el tema a nivel mundial; por eso, a esta 32ª edición de Albuquerque (Nuevo Mexico, USA) celebrada entre el 12 al 18 de octubre, han acudido investigadores de todo el mundo desarrollado pertenecientes a los principales servicios meteorológicos, centros de investigación, universidades y empresas.

Una particularidad importante de este congreso es que se ha hecho coincidir en fecha y lugar con la "11ª Conference on Mesoscale Processes", que a su vez es el principal foro científico en modelización y técnicas de predicción del tiempo a corto plazo; la AMS coordinó los dos eventos para estimular el contacto y la sinergia entre ambas comunidades meteorológicas y lo plasmó en la celebración conjunta de 8 sesiones orales y 7 sesiones de póster.

En la Conferencia de Radar se presentaron 45 contribuciones repartidas en 45 sesiones. La organización aplicó ciertos criterios para ordenar los trabajos, en la idea de colocar los más importantes en las 23 sesiones orales y hacer que cada una de ellas comenzara con una presentación de encargo ("keynote talk") que fuera lo más representativa posible del