

# EL COLOR DEL MAR

Cecilia von Reichenbach (\*)

Mirando un vaso lleno de agua pura es fácil convencerse de que se trata de un líquido transparente e incoloro. Entonces, ¿por qué cuando miramos el mar lo vemos de diferentes colores: azul marino, azul ultramar, verde agua?

Cuando al amanecer pierde el color negro con que se viste de noche y comienza a mostrar sus azules, todos sospechamos que los colores del mar provienen del cielo. Pero hasta allí alcanza nuestra intuición. Sin embargo, quienes estudiaron con profundidad este fenómeno vieron que no era algo tan simple.

A fines de 1924, en el Instituto de Física de la Universidad Nacional de La Plata, se terminó de dilucidar el misterio cuando Richard Gans, físico alemán que dirigía el Instituto, completó un trabajo con el que se lograba la comprensión del asunto. El se basó en trabajos realizados por colegas de Europa y Asia, que consideraban que la luz solar estaba compuesta por ondas, que al llegar al mar incidían sobre las moléculas de agua.

Gans lo planteó para condiciones muy generales y el caso quedó finalmente cerrado. Se trata de ondas electromagnéticas emitidas por el Sol en un amplio espectro que incluye las radiaciones ultravioletas e infrarrojas, la luz visible, las microondas y las ondas de radio, entre otras. Estas emisiones se diferencian entre sí por tener distintas longitudes de onda, es decir, distintas distancias entre las máximas amplitudes de la onda.

Para estudiar los colores solo hay que considerar aquellas longitudes de onda que se pueden ver: es decir, el llamado "espectro visible" forma-

do por las longitudes de onda comprendidas entre las que corresponden al color rojo, de una longitud de onda de 650 nanómetros -650 mil millonésimos de metro-, y el violeta profundo, de 380 nanómetros de longitud de onda.

Gans ya lo sabía, porque el inglés lord Rayleigh había mostrado a fines del siglo XIX que una de las causas del azul del mar es la reflexión del cielo en el agua. El irlandés John Tyndall, poco antes, atribuía el azul marino a la "absorción selectiva", diciendo que el agua absorbe más la luz roja o la verde que la luz azul. Por otra parte, Gans también se basó en estudios realizados por los hindúes Raman y Ramanathan, quienes en 1922 y 1923 habían propuesto que en alta mar el azul se debe, además, a la dispersión de la luz solar dentro del agua. Una vez bajo la superficie, las ondas de luz interactúan con las moléculas de agua, produciendo distintos efectos, pues cada molécula vuelve a emitir la onda que incide sobre ella, modificándola. De todas las ondas recibidas, las que corresponden a los verdes y rojos son absorbidas por las moléculas que aumentan su energía de movimiento y producen en consecuencia un aumento en la temperatura del agua. En cambio, aquellas correspondientes a la luz azul se vuelven a emitir en todas las direcciones, en un proceso que recibe el nombre de dispersión. Sin embargo, aquella luz que se dirige hacia el fondo y no emerge hacia la superficie produce, a su vez, un efecto de "absorción", aun para el color azul.

¿Cuál fue el aporte original de Gans? Sus antecesores, por simplicidad, habían considerado que los

rayos de luz entraban perpendicularmente al agua, como ocurre al mediodía en el trópico, y retornaban a los ojos de un observador que mira exactamente desde arriba, como desde un globo aerostático. Más tarde y mediante un detallado tratamiento matemático, Gans estudió el caso más general en que la luz llega a un observador que mira al mar desde una posición cualquiera, para una altura arbitraria del Sol sobre el horizonte. Así se dio cuenta de que la luz que llega a la superficie difundida desde abajo es en parte reflejada hacia el fondo nuevamente y vuelta a difundir por las partículas de agua. Descubrió también que tanto estas múltiples reflexiones como aquella que llamó "absorción verdadera" (que se traduce en un aumento de temperatura) son determinantes fundamentales del color.

Finalmente, pudo "describir matemáticamente" -y por eso predecir-, los distintos tonos de azul del mar visto desde arriba, desde la costa, desde abajo... Es más, demostró que si no existiera absorción verdadera, ¡el mar se vería blanco, como la luz que lo ilumina!

Si, por el contrario, todas las longitudes de onda fueran absorbidas, sin experimentar reflexión ni difusión, el mar sería negro, pues la luz no llegaría a nuestros ojos después de incidir en el agua. Ese sería un mar más caliente, pero sin duda, mucho menos atractivo que nuestro siempre cambiante, siempre bello, mar azul.

\* Dra. en Física. Investigadora del CONICET. Museo de Física, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.