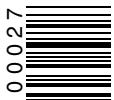


TEMAS 27

INVESTIGACION
y
CIENCIA

Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

EL COLOR

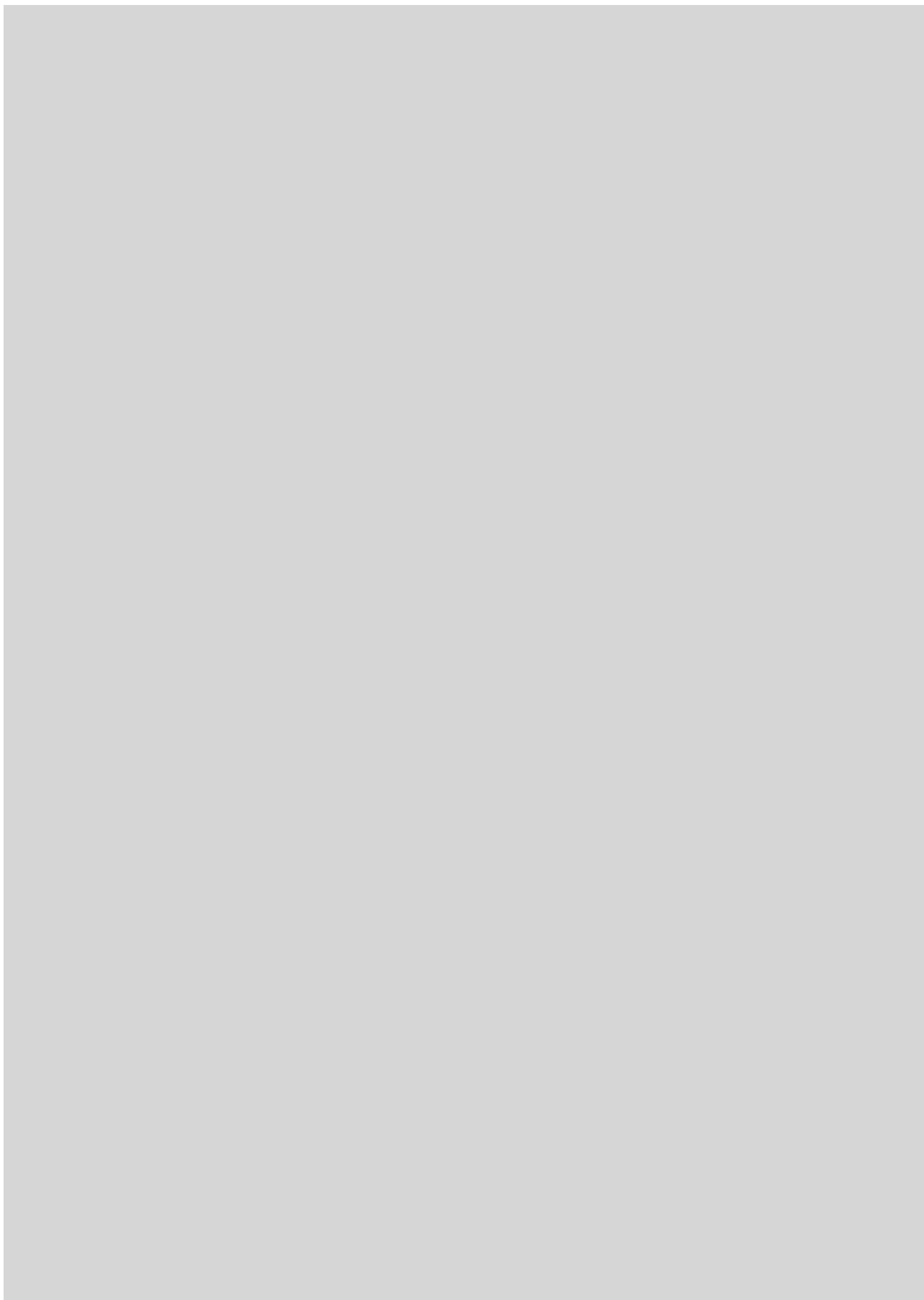


0.0027

9 778411 355668

1er trimestre 2002

6,50 EURO



I. FISICA DEL COLOR

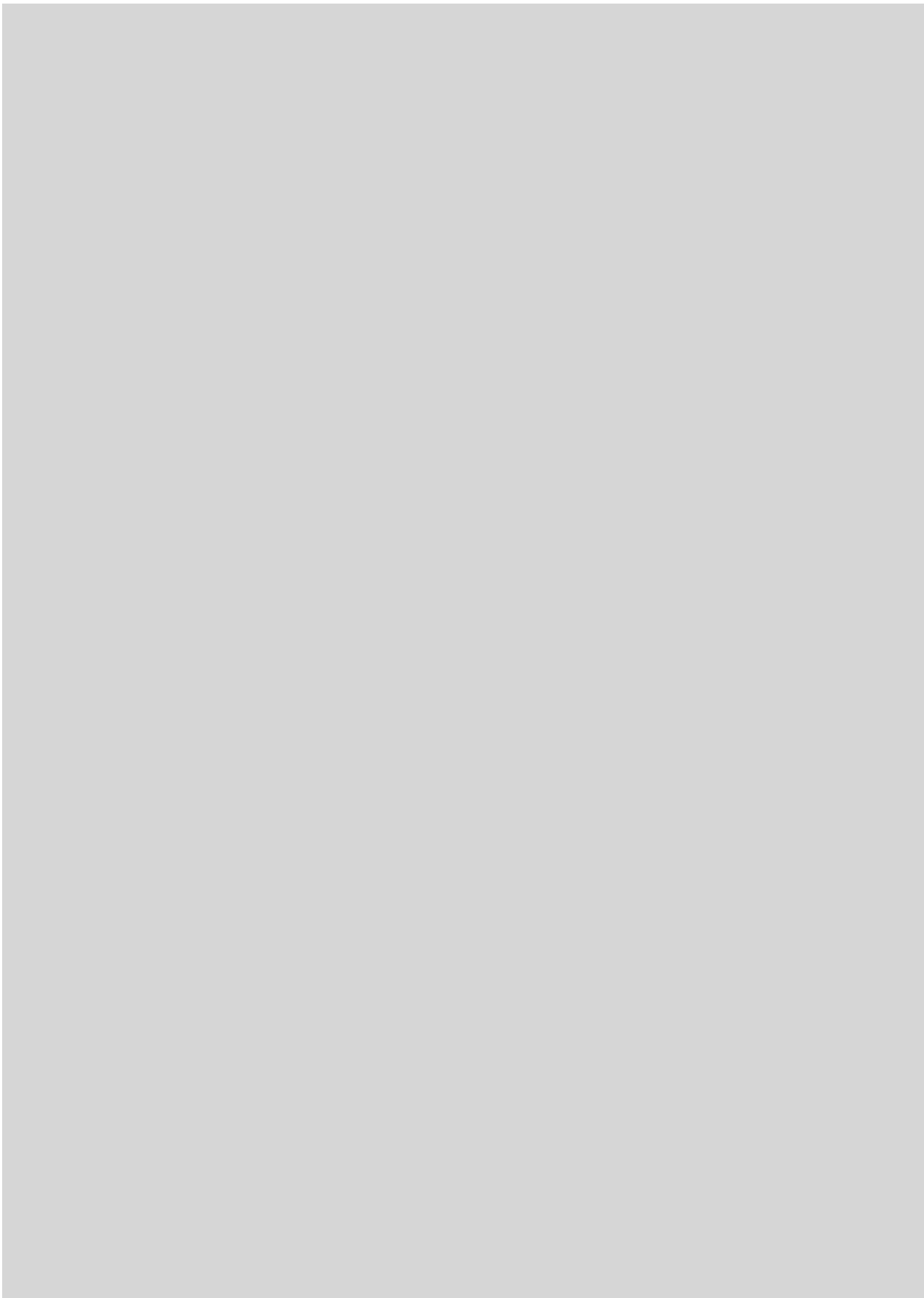
- 4** Color y luz
Georges Roque
- 8** Las causas del color
Kurt Nassau
- 26** Difusión óptica
Jearl Walker
- 30** Azul de ave. Un color estructural
Richard O. Prum y Rodolfo H. Torres

II. QUIMICA DEL COLOR

- 32** La pintura prehistórica
Colette Vignaud, Marie-Pierre Pomies y Michel Menu
- 34** El azul y el verde de los egipcios
Sandrine Pagès-Camagna y Sylvie Colinart
- 36** Las tinturas naturales
Dominique Cardon
- 42** Descubrimiento de los colorantes sintéticos
Georges Bram, Nguyễn Trong Anh
- 48** Pirotecnia
John A. Conkling
- 56** Las primeras fotografías en color
Grant B. Romer y Jeannette Delamoir
- 65** La memoria de los colores
Jean-Marc Fournier
- 68** Cerámicas al rojo vivo
Pedro Gómez Romero

III. BIOLOGIA DEL COLOR

- 70** La imagen visual en la mente y en el cerebro
Semir Zeki
- 80** Percepción de la forma a partir del sombreado
Vilayanur S. Ramachandran
- 89** Bioquímica de la pigmentación en mamíferos
José A. Lozano y Francisco Solano





FISICA DEL COLOR

A veces confundidos, otras veces contrapuestos, el color y la luz se estudian siempre juntos

Dicen los filósofos que nada puede verse que no esté revestido de luz y color. Es que entre los colores y las luces hay un gran parentesco, que nos hace ver. Su importancia la comprendemos por el hecho de que, si la luz muere, igualmente mueren los colores, y cuando la luz retorna, los colores se restablecen a la vez que la fuerza de las luces.

Leon Battista Alberti
De la pintura, 1435.

Color y luz: ambos fenómenos están tan vinculados que olvidamos sus diferencias y lo mucho que sus relaciones han cambiado a lo largo de la historia. Por eso es útil recordar, a través de algunas etapas históricas, la evolución de la dependencia del color con respecto a la luz.

La física nos servirá de hilo conductor. En efecto, cuando buscamos información acerca de la historia del color solemos hallarla en los estudios sobre la historia de la luz. Lógico, diremos, ya que la luz es lo que hace posibles los colores. Este argumento tiene una consecuencia importante: como los colores se muestran bajo la claridad del día y se extinguen con ella (de noche, todos los gatos son pardos), nos tienta pensar que están graduados del blanco al negro a lo largo de una escala de claridad. Así es como concebían el color los sabios de la Antigüedad. Al asimilar la luz a una alternancia entre claridad y oscuridad, sentaron las bases de una subordinación del color a la luz que duraría muchos siglos.

Antes de entrar en detalles, conviene precisar que el interés científico por la luz fue durante mucho tiempo indisociable de la reflexión sobre la naturaleza de la visión. Hubo que esperar a que se comprendiesen los principios generales de ésta para que hubiese un interés específico por la luz. Fue el matemático, físico y filósofo árabe Ibn al-Haytām, llamado

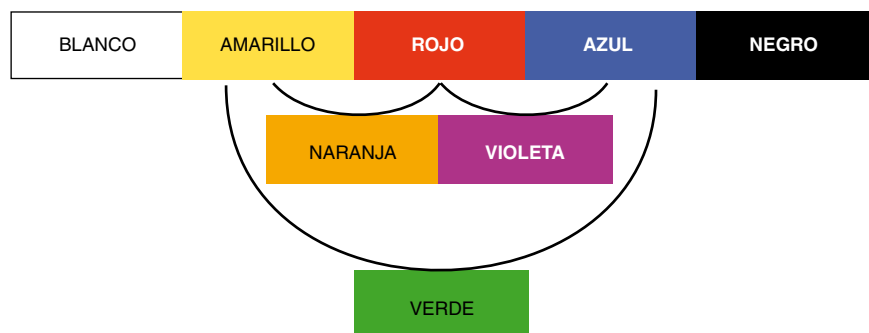
Alhacén (965-1039), quien ofrecería en su *Tratado de óptica* una descripción exacta del ojo y un análisis del fenómeno de las refracciones atmosféricas.

La confusión entre color y claridad

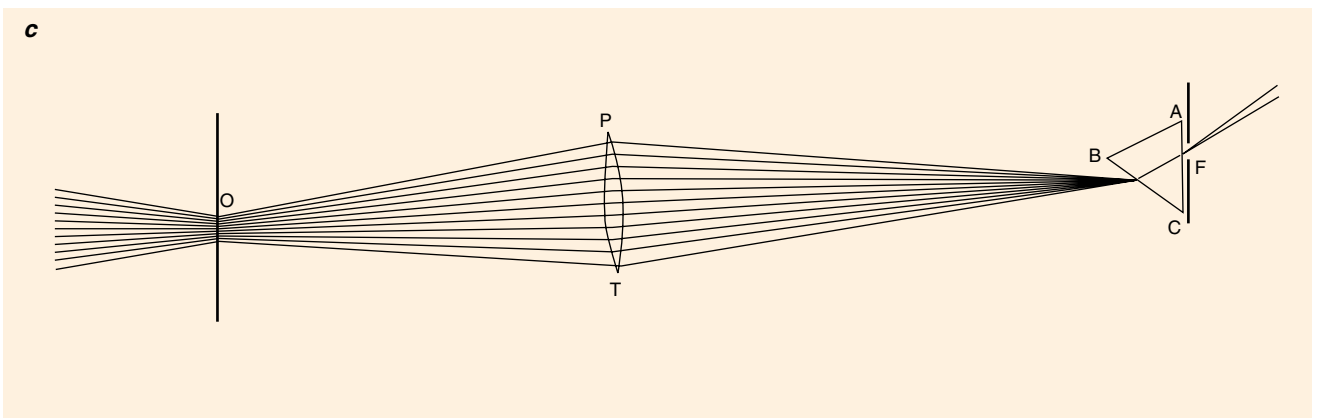
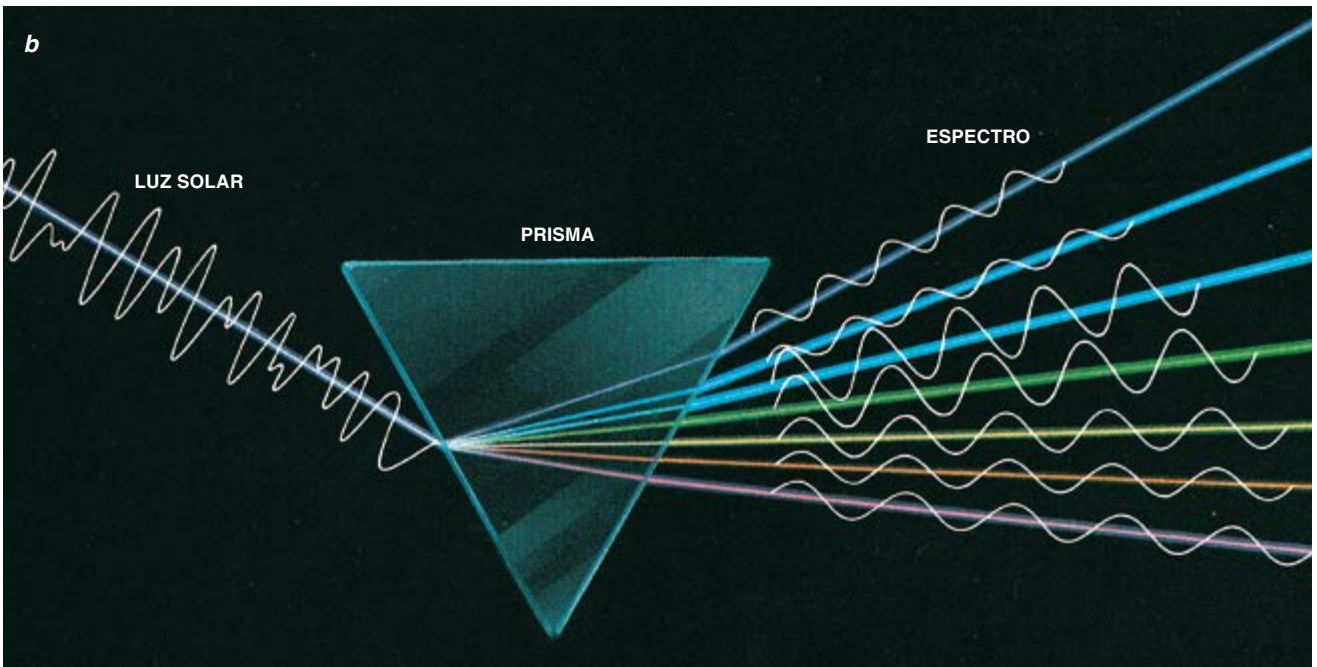
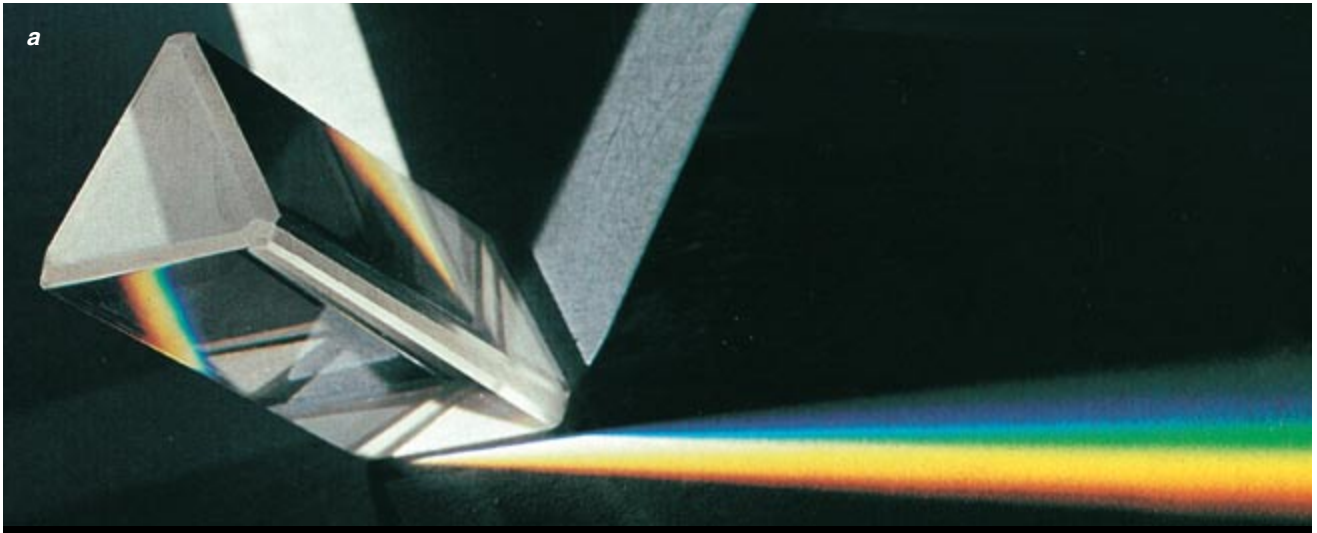
En la Antigüedad, la teoría aristotélica, cuya autoridad se prolongaría al menos hasta el Renacimiento, subordina el color a la luz. Aristóteles (384/322 a.C.) asimila la claridad y la oscuridad del aire a la blancura y a la negrura de los cuerpos (*De Sensu*, 439b 15); además, retomando una antigua idea que ya se encuentra en Empédocles (490/435 a.C.), considera que el blanco y el negro son colores. Eso sí, su papel es peculiar. No sólo se manifiestan como polos extremos de los colores; también y ante todo son el origen de los demás: cada color es una mera mezcla de blanco y negro en una determinada proporción. Aristóteles se apoya en la armonía musical para afirmar que ciertas proporciones simples de blanco y negro dan los colores más bellos.

Estas ideas, mucho tiempo dominantes, tuvieron numerosas y duraderas consecuencias; la principal era que los colores podían graduarse en una escala de claridades que iba del blanco al negro, donde el amarillo era el más luminoso (o sea, el más cercano al blanco) y el azul el más cercano al negro. En otras palabras, los colores se concibieron y clasificaron en función de un criterio acromático, el de claridad. Para ser más precisos, si el color se analiza en nuestros días mediante tres atributos (matiz, claridad y saturación), durante mucho tiempo el matiz no fue tenido en cuenta por sí mismo (tal rojo, tal verde, tal amarillo, etc.), sino como una función de la claridad.

Los efectos de ese modelo son muchos y siguen rigiendo, a veces, el modo en que pensamos sobre los colores. Veamos algunos ejemplos. El término “tono”, que se saca del léxico musical, es apropiado para calificar la claridad (y en ese sentido se empleó en el vocabulario científico del siglo XIX), pero designa también al matiz, lo que es una fuente de confusión tenaz, sintomática de la que a menudo reina entre matiz y claridad. La noción de “valor”, tan cara a los pin-



1. HASTA EL SIGLO XVII los colores se clasificaron por su grado de claridad, según una escala decreciente que iba del blanco al negro, pese al interés que suscitaba la mezcla de los tres primarios entre sí. El esquema se basa en el tratado de óptica de François d’Aguilon, jesuita radicado en Amberes; esta obra, ilustrada por el célebre pintor flamenco Rubens, tendría gran autoridad en el siglo XVII (*Opticorum libri sex*, 1613).



2. EN SU FAMOSO EXPERIMENTO (1672), Newton separó un haz de luz blanca en un espectro de luces de colores (a). Se dice hoy que la luz blanca está compuesta de radiaciones electromagnéticas de muchas longitudes de onda; en el prisma cada componente se desvía con un ángulo distinto, que depende de la longitud de onda (b). En otro experimento Newton demostró que los rayos de distintos colores refractados por el prisma restituían, merced a una lente (o a otros dos prismas),

la luz blanca de partida; era la confirmación de la naturaleza heterogénea de la luz. Según el dibujo original, de su propia mano (c), un haz de luz entra en la cámara oscura por un orificio *F* y se refracta en el prisma *ABC*. Los rayos de colores que atraviesan el objetivo *PT* se reúnen en el foco de éste, *O*, donde forman un campo de luz blanca. “La luz así generada, explica Newton, era total y perfectamente blanca, sin que en nada difiriera de modo apreciable de la luz solar directa.”

tores, refleja esa misma subordinación. Con ese concepto se piensan los colores conforme a la claridad: el valor es la “cantidad de claros y sombras que contiene un tono” (del *Dictionnaire d'art et d'archéologie* de Réau), o el “grado de claridad, media tinta o sombra que tiene cada tono” (según el Diccionario de la Real Academia Española). Ahora bien, esa noción de valor se halla en el núcleo de la enseñanza artística de las Academias, que en la época clásica impusieron el uso de la degradación de valores en la obtención de los colores.

Más allá del léxico —y de la práctica— de la historia del arte, sorprende comprobar que ese paradigma regula también las designaciones de los colores mismos. Los estudios de la evolución semántica de los términos cromáticos (en todo caso en las lenguas indoeuropeas) muestran que, en efecto, dieron noticia de la claridad antes de empezar a referirse a los matices. En inglés, por ejemplo, los términos primitivos que sólo designaban la claridad acabaron desapareciendo (como *hador*, que significaba “claro, luminoso”). Simultáneamente, los principales vocablos cromáticos (salvo rojo, *red*, que desde un principio tuvo sólo un sentido de matiz) perdieron poco a poco el sentido de claridad, mientras que el de matiz, que también poseían accesoriamente, se reforzó hasta hacerse predominante. Así, *yellow* procede de una raíz indoeuropea que significa “brillar”; al evolucionar, adquirió su sentido de matiz, que acabó suplantando al de luminosidad (del Sol) o al de brillo (del oro).

Este ejemplo lingüístico ilustra la fascinante interacción de los diferentes dominios que conciernen al color, ya que las lenguas y las nociones sobre los colores han evolucionado más o menos a la vez. En su *Histoire de l'évolution du sens des couleurs* (traducido al francés en 1878), Hugo Magnus constataba que los términos cromáticos empleados por los antiguos griegos remitían a la claridad mucho más que al matiz. Por ejemplo, Homero califica de verde no al follaje de los árboles ni al paisaje, sino... a la miel, o a la yema de huevo; el epíteto tenía, no el sentido del matiz verde, sino el de “amarillo pálido”. No obstante, en vez de concluir que la forma de pensar en los colores ha variado, Magnus prefirió considerar, en un marco evolucionista, que los griegos estaban dotados de un sistema visual primitivo al que atraía más que nada la luminosidad, ¡y de ahí la naturaleza de su léxico cromático!

Los colores medievales

El predominio de la claridad sobre el matiz en los términos cromáticos perdura durante toda la Edad Media. Se emplean entonces términos como *escarlata*, *carmesí* o *púrpura*, para los que hoy es difícil determinar si el matiz designado es rojo o violáceo. El esquema general fijado por Aristóteles y su Escuela no sufre modificaciones profundas, pero se complica a causa de las connotaciones teológicas que en esa época adquiere la luz. Esta poseía una doble naturaleza, entre *lux*, la esencia luminosa propiamente dicha o fuente de la iluminación (identificada con Dios), y *lumen*, su “especie”, el aspecto más material, el agente que posibilita la percepción luminosa o coloreada. Según esa concepción (que emanaba de sabios que asimismo ocupaban importantes cargos en el seno de la Iglesia), las relaciones entre la luz y el color eran bastante complejas, pero podemos extraer la idea de que el color, considerado como una propiedad residente en la superficie de las cosas, caía más bien del lado de *lumen*.

Esta “metafísica” de la luz se ha relacionado con los vitrales merced a una analogía tentadora; al fin y al cabo, en ellos el color es “revelado” por la luz. ¿Quién no ha observado en una iglesia gótica vidrieras que, iluminadas de golpe por un rayo de sol, se tornan al paso de una nube tan apagadas como antes? Incluso aunque para los filósofos de entonces no fuese la luz, entendida como *lux*, la que engendraba los colores, debe señalarse aquí el papel capital que desempeñaba la luminosidad en la manifestación de los colores.

La refracción en un prisma

Hubo que esperar hasta Isaac Newton (1642-1717) para que surgiese un cambio profundo y duradero en las relaciones entre la luz y el color. Desde luego, antes de él se habían efectuado numerosas experiencias con prismas (especialmente por René Descartes, hacia 1637, y Francesco Maria Grimaldi, hacia 1665), que habían establecido que cada color posee un ángulo de refracción diferente. Sin embargo, esas teorías seguían postulando que la luz era blanca y pura, de modo que la cuestión estaba en entender cómo aquella luz blanca se descomponía para dar origen a los colores (Descartes, por ejemplo, pensaba que los colores eran producidos por la superficie refractante).

La intuición genial de Newton fue considerar que la luz no es homogénea, como se admitía hasta entonces, sino heterogénea, o sea, compuesta de tantos “rayos” (es la palabra que él mismo usaba) coloreados como ángulos de refracción diferentes hubiese (véase la figura 2). Esta hipótesis y su prueba experimental acarrearón la modificación de las ideas sobre la claridad y el matiz. Al caracterizarlos por su grado de refrangibilidad se podía al fin cuantificar a los colores. De esta manera se los clasificaba según un criterio que atañía directamente a los matices y no los subordinaba más a la luminosidad; los grados de refracción nada tienen que ver con ésta. Por ejemplo, el amarillo y el verde, cuyos grados de refracción son próximos, difieren considerablemente en su luminosidad. Newton consagró así una inversión epistemológica a favor del matiz y a expensas de la luminosidad.

Las mezclas de colores

Aquellas nuevas ideas repercutieron considerablemente en las combinaciones de colores: desde el momento en que la blancura (de la luz) pasó a considerarse el resultado de la superposición de varios colores, se prestó una atención más detenida a las reglas que regían las mezclas cromáticas.

Desde el punto de vista de las relaciones entre el color y la luz, podría pensarse que a partir de Newton se abolió la diferencia entre luz y color, puesto que la luz contiene todos los colores. En realidad, el entusiasmo por el descubrimiento newtoniano engendró una auténtica fascinación por la luz solar en cuanto manantial de los colores, fascinación que culminará en la pintura con el impresionismo y el neoimpresionismo. Escribía el poeta Jules Laforgue (en contacto con sabios como Charles Henry, que influyó en no pocos artistas) que allá donde “la Academia sólo ve una luz blanca en estado disperso, el impresionista la ve bañándolo todo, no con una blancura de muerte, sino con mil embates vibrantes, con ricas descomposiciones prismáticas”. Las teorías newtonianas, ampliamente divulgadas, supusieron por tanto un desplazamiento del énfasis hacia los colores “prismáticos” contenidos en la luz.

Esa fascinación por la luz como fuente de los colores no careció de consecuencias desafortunadas. Una de ellas fue que se supusiese que las reglas de las mezclas de haces de luces de color eran igualmente válidas para