

## **Trabajos sobre las sombras coloreadas que se manifiestan à diversas horas, en diversas estaciones, y sobre las aplicaciones del fenómeno**

M. J. Fournet

La exacta apreciación de los colores que se manifiestan en la bóveda celeste, dice el autor, ó se esparcen por el horizonte y el zenit, debe necesariamente ser objeto del estudio del meteorólogo, puesto que de él deduce pronósticos relativos á las vicisitudes atmosféricas. Sus modificaciones, según las horas, los climas y el estado del aire, llaman también algunas veces la atención de los pintores, pero no siempre es fácil distinguir estos diferentes matices. Las influencias del contraste simultáneo pueden perjudicar desde luego á la exacta determinación de los efectos que se trata de precisar. Unas veces el resplandor del sol ofusca la vista; otras, en diferentes momentos, ciertos rayos desaparecen en medio del brillo de los demás; y ocurre también que todos los matices se confunden en una palidez común, ó recíprocamente la blancura de ciertas zonas es dudosa, á pesar de la viva sensación que producen en los órganos visuales, de manera que los observadores se han visto precisados á buscar los medios de remover las dificultades peculiares de esta clase de estudios.

Bajo este aspecto, el geólogo Saussure, á quien la meteorología debe sus principales bases, hizo dar el primer paso hacia este fin, inventando su cianómetro, del cual otro geólogo, Mr. de Humboldt, hizo tan frecuente uso en sus viajes por América. Por desgracia el empleo de este instrumento, reducido á la distinción de la intensidad del azul aéreo, no es en manera alguna aplicable á los jaspeados más ó menos caprichosos de que el cielo se adorna en ciertos momentos. Por otra parte, sábese perfectamente que las coloraciones azules, anaranjadas, rojas ó verdes, anchamente extendidas y difusas, se funden de la manera más insensible en la concavidad de la bóveda celeste; de manera que en definitiva la solución del problema complejo, cuyos elementos acabo de indicar, no estaba aún hallada.

Dedicado à los estudios meteorológicos, he procurado hace muchos años satisfacer esta parte de las necesidades de la ciencia, y he podido llegar á algunos medios de apreciación, cuyo empleo me parece bastante satisfactorio para merecer alguna atención. En primera línea debe colocarse el tubo indicado por Mr. de Chevreul, cuyos resultados se explicarán en otra ocasión. Por ahora me limito á mencionar los que proceden del principio de la coloración de las sombras; y como no acostumbro disimular los descubrimientos anteriores, voy à recapitular anticipadamente las principales conclusiones de mis predecesores, á quienes divido en dos clases, á saber: los experimentadores de gabinete, y los simples observadores de la naturaleza.

El conocimiento de las sombras coloreadas es muy antiguo. El célebre pintor y meteorólogo Leonardo de Vinci, aparte de sus principios acerca de la perspectiva aérea, establecía algunas reglas en este punto. Así, las luces rojas producen sombras verdosas; las procedentes del sol en su ocaso, siempre son azuladas; la sombra proyectada sobre el blanco por el sol y el aire, es de un azul tanto más negro, cuanto más blanco es por sí mismo el cuerpo. En fin, reconocía que ningún objeto se presenta con su verdadero color, á no estar alumbrado por una luz parecida á la suya. Bouguer y Buffon observaron asimismo que las sombras azules se manifiestan especialmente en las horas en que el sol está cerca del horizonte. El abate Millot consiguió luego obtenerlas en

pleno día, oblicuando las superficies sobre que se proyectan. Buffon se vio impelido á consignar la producción de las sombras verdes bajo la influencia de los vapores rojos que flotan en el aire, en tanto que Saussure, en el *Col du Géant*, obtenía coloraciones amarillentas, azules, de violeta pálido é incoloras; es decir, negras, las que atribuía, como los físicos de su tiempo, ora al mismo color de la atmósfera, ora al de los vapores que reflejan sobre la sombra sus propios colores. Pero olvidando su habitual exactitud, el concienzudo observador omite esta vez poner sus resultados en relación con el estado del espacio aéreo, é indicar las horas en que verificó sus experimentos. Por último, en la noche del 7 de agosto de 1841, en Faulhorn, estando el cielo casi enteramente despejado, pero presentando la faja del horizonte un tinte rojo, cuyo reflejo coloraba á la atmósfera y la tierra, Mr. Bravais observó que la sombra de su mano, proyectada sobre un papel blanco, aparecía rodeada de una aureola rojiza, que á cierta distancia se confundía con el papel. En aquel momento se destacaban también, al parecer, de la circunferencia del disco solar, unos círculos luminosos, concéntricos y vibrantes.

Mongez, por otra parte, se cercioraba de que los matices azules no son debidos al azul del cielo. Combinando la luz de una lámpara con la de la atmósfera, obtuvo constantemente dos sombras, una azul, procedente de su lámpara, y otra más ó menos roja, determinada por la claridad aérea. Por otra parte, como en virtud de la disposición de sus focos luminosos, la intensidad de una aumentaba cuando la de la otra disminuía, dedujo que las sombras azules están en razón inversa de la cantidad de luz natural, y en razón directa de la luz artificial (*Journ. de Phys.*, tomo 22). Por lo demás, después de haber variado sus experimentos con diferentes luces, vino á admitir que las sombras azules ó cualesquiera otras, son debidas á verdaderos rayos, y son verdaderos colores.

Rumfort hizo intervenir los efectos del contraste. Dirigiendo, por ejemplo, una suficiente cantidad de luz blanca sobre una sombra formada á expensas de un rayo rojo, esta sombra nunca se muestra blanca. Es verde, es decir, que parece revestida de la complementaria del rayo rojo, con tal que esté cerca de una sombra igual producida en el rayo blanco, estando esta iluminada por el rayo rojo, y hallándose por consiguiente afectada de este color.

Después de estos experimentos se ha repetido constantemente que el matiz de la sombra es complementario del de la luz, en cuyo medio se produce. No obstante, Mr. Chevreul ha impugnado con mucho acierto este error, haciendo ver que las diferentes partes de un objeto blanco, como un busto de yeso, alumbrado por una luz colorada, ofrecen á la vista una coloración del mismo género. Pero desde el momento en que se hace intervenir la luz blanca difusa, percíbense simultáneamente las partes blancas y las sombras teñidas de la complementaria del rayo colorado. El ilustre físico ha hecho notar además esta influencia ejercida por la luz difusa en la percepción de los matices complementarios, repitiendo que haciéndose los efectos del contraste poco sensibles á una viva claridad, puédese en tales casos cometer graves errores en la apreciación de los fenómenos de contraste. Añade igualmente que estos son lo más distintos posibles, precisamente cuando siendo la luz muy débil, el ojo necesita mucho más de este mismo contraste, para apreciar distintamente las diferentes partes en que está fijo: estas verdades hallarán sus aplicaciones en mis estudios relativos á las coloraciones atmosféricas, y me dispensan por otra parte de discutir los recientes experimentos de Mr. Babinet, cuyos detalles están consignados en la *Compte rendu* de la sesión del 30 de mayo de 1859.

Diremos en resumen, que se habían observado ya coloraciones muy variadas, que se habían establecido diferentes bases á propósito de la experimentación, y que yo no tenía que hacer más que apropiárselas á mi objeto. Después de diferentes ensayos practicados por medio de tubos con cristales deslustrados, armados ó no de lentes plano-convexas cilíndricas, y ennegrecidos por dentro, llegué á darme por satisfecho con un cromatóscopo de los más sencillos; reduciáse á mi libro de apuntaciones, cuyo lápiz servía de porta-sombra.

Estando abierto el libro por una página blanca que se mantiene en situación vertical, desempeña el papel de un espejo mate, sobre el cual se reúnen casi enteramente los rayos procedentes de los diferentes puntos del espacio colocado en frente y comprendido entre el horizonte y el zenit, desde la izquierda hasta la derecha del observador. Merced al pliegue del libro, que se abre á arbitrio, una de sus mitades puede hacer las veces de un abanico, por medio del cual se interceptan ó dejan afluir, según se quiere, los matices enviados por diferentes puntos del cielo ó de la tierra. En caso de necesidad no es menos fácil inclinar, colocar horizontalmente, ó volver por completo del revés el lado que debe recibir las impresiones luminosas. En la mayor parte de los casos este espejo parece mantenerse enteramente incoloro; pero aunque puede ser imperceptible, su coloración es positiva; y para cerciorarse de su existencia, basta ponerse por primera vez á la vista de un objeto vivamente teñido. El reflejo de un bosquecillo, por ejemplo, puede proyectar tal cantidad de verde, que el papel lo presente de una manera notable. Alejándose luego paso á paso de la masa de verdor, se llegará á observar una disminución de intensidad que, matemáticamente hablando, se verifica en razón inversa del cuadrado de las distancias. Pero como al final de esta progresión no se halla el cero, el raciocinio hará admitir sin esfuerzo alguno que aquí solo se trata de una cuestión de impresionabilidad de los órganos visuales, cuyo alcance puede ser modificado por otras condiciones.

El porta-sombra debe estar cubierto de negro mate, á fin de evitar hasta donde sea posible, la influencia de sus propios reflejos. Colócasele paralela ú oblicuamente al papel, y se aloja o se acerca hasta el contacto, según sea necesario extender ó concentrar las sombras, para hacerlas más perceptibles.

En ciertos casos de coloraciones debilitadas por claridades relativamente demasiado intensas, se conseguirá aminorar los efectos de estas, colocándose en un patio, en una calle estrecha rodeada de paredes elevadas, en un aposento ó en un corredor cuyas aberturas estén convenientemente orientadas para dar paso á los rayos que proceden de las partes que se trata de examinar. En los viajes, el cuerpo del observador, su capa ó un peñasco, procurarán en diferentes grados la misma media luz, cuyas ventajas se manifiestan en los estudios de Mr. Chevreul. En esto la animación de las excursiones hace improvisar muchos recursos, que la aglomeración de objetos en los grandes gabinetes de física hace llegar al punto que se requiere con demasiada lentitud para el estudio de un fenómeno pasajero. La experiencia enseña además muy pronto á distinguir los matices más delicados; sin embargo, muchas veces me he visto rodeado de dificultades, cuando me ha sido forzoso privarme del círculo cromático, con cuyo auxilio habría obtenido indicaciones exactas. Si este instrumento de Mr. Chevreul no puede formar parte del equipaje geológico, debe por lo menos colocarse entre los de los observatorios meteorológicos, como también en los museos de Historia natural. En cambio, un polaríscopo me ha sido útil siempre que se ha tratado de adquirir nociones exactas acerca de la causa de diferentes fenómenos de naturaleza equívoca. En efecto, hallándose parcialmente polarizada la luz azul del cielo, mientras la que emana de las

nubes no se halla afectada del mismo modo, estamos autorizados á valuar el grado de translucidez de una masa vesicular, fundándonos en la cantidad de luz polarizada que deja penetrar. De esta manera completa los elementos suministrados por el cromatóscopo, y ambos prestan su auxilio á la visión directa, tan sujeta á errores, y tan incapaz de establecer ciertas diferencias.

Después de todo, la necesidad me ha conducido á coordinar mis observaciones de una manera á propósito para evitar las confusiones. El orden siguiente me ha parecido el más racional, teniendo, sin embargo, en cuenta las horas, las estaciones, y también las complicaciones ocasionadas por los cielos nebulosos y males, sombríos, y enriquecidos con sus más fastuosos adornos.

- 1.º Luz reflejada por los objetos terrestres.
- 2.º Luz zenital.
- 3.º Luz del espacio circunsolar ó directa.
- 4.º Luz del opuesto.
- 5.º Luces de los cielos complejos.

Una vez establecidas estas distinciones, voy á presentar un bosquejo de los resultados que he conseguido.

1.º *Reflejo de los objetos terrestres.* Al primer aspecto, estos objetos pueden parecer ajenos á la cuestión de que me ocupo, puesto que se trata de las coloraciones del cielo, y no de las de la tierra. No obstante, la experiencia rectifica muy pronto las ideas de este género. Debo también declarar, que la influencia de la luz reflejada por la tierra no fue desatendida por Leonardo de Vinci, puesto que aconseja dibujar el paisaje cuando el sol está medio cubierto de nubes. Entonces, dice, los árboles reciben una luz universal del aire, y una sombra universal de la tierra, y sus diferentes partes aparecen tanto más sombrías cuanto más se aproximan á la tierra.

Estas palabras dejan, sin duda alguna, mucho que desear; pero si nos referimos á la época en que fueron inspiradas, se comprenderá fácilmente que no debemos ser demasiado exigentes en cuanto á la precisión del lenguaje científico, y se admitirá que la sombra universal de la tierra no es otra cosa que un vasto reflejo. Siendo menos brillante que la luz zenital, debe dejar establecerse entre las partes altas y las bajas una diferencia de intensidad que hará el efecto de una sombra inferior. Recorriendo por otra parte la geometría descriptiva de Mr. Vallée, que con tanta frecuencia se apoyó en las ideas del artista, se hallará el siguiente pasaje, más conforme á las enunciaciones actuales, relativo á otra condición, y á propósito por esto mismo para completar la proposición precedente. «Después de la caída del relente y del rocío, al levantarse el sol, las capas inferiores de la atmósfera tienen toda su transparencia. El color verde de los campos alumbrados por el sol, debe, pues, reflejarse á gran altura en la atmósfera.»

Sin embargo, estas consideraciones dejan, en suma, grandes incertidumbres en el ánimo, y para entrar en esta cuestión de una manera extensa y racional, he creído conveniente proceder á los análisis parciales de los diferentes electos admisibles en la naturaleza. Estos pueden resultar de un suelo desnudo, de una tierra nevada, de extensos terrenos cubiertos de vegetación, ó de espaciosos horizontes marítimos. Deseando además dar á los resultados obtenidos por mí toda la exactitud que hay derecho á exigir, he examinado primero la autenticidad de partes aisladas ó claramente circunscritas, y he aquí las indicaciones á que he llegado.

Unas paredes de superficies mates revocadas de ocre amarillo, y alumbradas por un sol bastante pálido para que la vista pudiese fijarse en ellas por un momento, me han dado sombras azules á distancias que no me parecían admisibles cuando hice mis primeros experimentos. De ensayo en ensayo me fui alejando hasta 50, 100, y aun 500 y 600 pasos. Por otra parte, había tanto menos motivo para poner en duda la procedencia de mis sombras, cuanto que, aparte de las precauciones tomadas para sustraerme á las influencias extrañas, se matizaban cada vez más, á medida que me acercaba á estos reflectentes, ó también cuando sus superficies adquirían mayor extensión. En esto, un simple punto brillante, como una vidriera que haga las veces de un espejo, es infinitamente menos eficaz que una pared mate, pero extensamente prolongada, con tal que las distancias estén convenientemente dispuestas. Consiste esto en que entonces, como en tantas otras circunstancias, los detalles desaparecen ante la acción preponderante de las masas.

Procediendo del mismo modo durante el invierno y á fines del verano, respecto de los campos en declive, ó de las rampas de las montañas de naturaleza ocrea, obtuve idénticos resultados. Además de esto, con el cielo más opaco que es posible imaginar, y con algunos decímetros de alejamiento, obtuve también en las laderas leonadas de un camino en hondo, abierto en un gneis kaolinizado, una sombra azul muy perceptible.

Deduzco del conjunto de mis observaciones, que la superficie terrestre, siempre áspera y llena de desigualdades, produce hasta los límites del horizonte infinita multitud de reflejos que dispersos en todos sentidos, deben combinarse necesariamente con las luces atmosféricas, y representar con ellas gran papel en los perpetuos cambios de un mismo paisaje, que aparece frío, oscuro y lleno de monotonía, ó risueño y lozano, según las fugaces condiciones de iluminación y contraste á que está sometido, y cuyo análisis es frecuentemente muy difícil.

Estas observaciones sobre la tierra desnuda han debido hacerse generalmente en invierno. Tratábase, sin embargo, de calcular también la importancia ó el papel de la vegetación, y continuarlas, por consiguiente, en la primavera y el verano, después de haberme asegurado perfectamente por medio de anteriores experimentos, de que la sombra formada en frente de una tapia cubierta de papel de un hermoso y puro color verde, es de un pronunciado color de rosa. Pues bien: no siempre sucede lo mismo en el campo. Es verdad que algunas condiciones especiales permiten obtener el color rosado-carmíneo; pero en general se advierte en este color una extraña propensión á pasar del carmin al violeta, al azul-violeta y al azul, á consecuencia de ligerísimas modificaciones del género de iluminación y del estado del cultivo.

En efecto, por espesas que estén, por ejemplo, las espigas de un campo de trigo, dejan siempre espacios por los cuales la tierra puede enviar su color anaranjado, cuya combinación con el verde produce un resultado mixto, á propósito para convertirse necesariamente en una sombra violada. Por otra parte, no hay cosa más variada que el verde de un terreno dilatado. Unas veces se nos presenta el verde oscuro del verano ó del otoño; otras domina el verde claro de la primavera. Cuando los rayos solares pasen por las hojas de los árboles, las hojas más traslúcidas se presentarán amarillentas, y sucederá todo lo contrario donde los torrentes azulados del cielo penetren en esas espesuras. Hasta los tallos bruñidos de las gramíneas, como también las superficies reflectentes de otras muchas plantas, emitirán en el espacio un color anaranjado. Por otra parte, los numerosos grupos de las flores encarnadas, blancas y amarillas, cuya caprichosa mezcla embellece los prados, modifican á su capricho, pero sin

desnaturalizarlo en cuanto al fondo, todo este conjunto productor de las sombras purpurinas. En fin, aun hallándose nublado el cielo se obtendría, según la masa y la continuidad de las nubes, el violeta claro y agrisado en diferentes grados; aunque si llega á predominar el gris, la desaparición del color de rosa será casi completa.

Debiendo, por lo demás, resallar la importancia de estas indicaciones de los detalles subsiguientes, bastará por ahora hacer notar que interesa mucho sustraerse á estas causas de perturbación, cuando se trate de hacer experimentos sobre las luces coloradas de la atmósfera, así como para llegar á los resultados anteriores ha sido preciso prescindir de los efectos aéreos.