



EL LENGUAJE DEL COLOR

Krista Velarde Bernal¹

Margarita I. Bemal-Uruchurtu
Centro de Investigaciones Químicas - UAEM

De los recuerdos que guardamos de la temporada de regreso a clases, los libros nuevos, las libretas con páginas listas para atrapar nuestros primeros trazos, quizá el más grato para muchos de nosotros son los lápices y las cajas de colores. ¿Cuántas cosas podríamos dibujar con ellos! ¿Qué ilustraciones crearíamos! ¿Cómo aprenderíamos a usarlos bien, a combinarlos! La introducción al uso del color en los dibujos infantiles no suele ser a través de una teoría del color o de la luz. Nos hacemos de un color favorito porque es el amarillo de los plátanos, el café de los troncos de los árboles, el rojo del camión de los bomberos, el azul del cielo y el verde del pasto: mientras que otros tendemos a rechazarlos por su asociación con la tristeza, como el negro del luto. En nuestras primeras representaciones pictóricas, la elección del color proviene de nuestra percepción y la adaptación de la misma a lo que nuestra caja de colores o crayolas contiene y al crecer, generamos imágenes más complejas en las que se intenta una representación más veraz de la realidad. Esto que experimentamos en la infancia es también una descripción muy concisa del desarrollo de las artes pictóricas. Pero, ¿de dónde vienen estos colores? ¿de qué están hechos los colores? La semana pasada, Agustín López nos mostró cómo algunos de los colorantes prehispánicos fueron obtenidos a partir del tratamiento de materiales de origen biológico.

(<http://www.acmor.org.mx/?q=content/biotecnolog%C3%ADAY-color-en-el-mundo-prehisp%C3%A1nico>)
Hoy hablaremos de los pigmentos, las sustancias químicas que constituyen el ingrediente principal de los lápices de colores, las acuarelas, la pintura acrílica o vinílica y los óleos. Antes de ello es conveniente recordar la principal diferencia entre un pigmento y un colorante. Ambos son sustancias químicas que al interactuar con la luz visible, absorben una parte de la radiación y reflejan todo aquello que no absorbieron, al contenido de esta luz reflejada se le conoce como el complemento. Es decir, lo necesario para reconstituir la luz visible formada por todos los colores del arcoiris. (Para una explica-

¹ Estudiante de la Licenciatura en Conservación y Restauración, Instituto Botticelli.

ción más detallada véase: <http://www.acmor.org.mx/?q=content/difracc%C3%B3n-de-la-luz-y-las-v%C3%ADAD-del-metro>)

Los colorantes, como la grana cochinilla, el púrpura de los caracoles y el amarillo de las flores de campesúchil, son sustancias coloreadas muy solubles en agua y poco cubrientes (transparentes), por esta razón para poder ser usados en pintura deben fijarse a otros materiales, ya sea por absorción o por la formación de enlaces químicos que los retengan y les den "cuerpo". Los pigmentos, por el contrario, son materiales sólidos coloreados y con capacidad cubriente (los artistas se refieren a ellos como colores con "cuerpo") que no se disuelven en agua y por tanto es necesario dispersarlos en un medio o aglutinante líquido o semilíquido como el aceite de linaza del óleo, la goma arábiga de las acuarelas o un polímero sintético como el acrílico o los alcohóles polivinílicos que, además de proporcionarles cohesión, permiten distribuir y adherir las partículas del pigmento sobre la superficie a pintar.

Los colores antiguos

El color ha sido utilizado desde las civilizaciones antiguas hasta nuestros días como medio para la representación del mundo que nos rodea, por lo que nos puede contar la historia de un lugar o una época. Los colores que el artista elige juegan un papel muy importante en la primera impresión que una obra causa en el observador. Los pigmentos blancos y algunos negros, tierras y ocre, son los pigmentos más antiguos que se conocen. Las primeras evidencias del uso de estos pigmentos inorgánicos fue en el paleolítico superior, entre 30 y 40 mil años A.C., periodo en el que el *Homo sapiens* se establece como la especie homínida predominante. Ellos plasmaron imágenes en las cuevas de Altamira en España y Lascaux en Francia con una paleta de colores proveniente de sus alrededores. En estas pinturas rupestres el pigmento negro estaba hecho de carbono amorfo. Para obtenerlo se debía quemar la madera hasta volverla negra, carbonizarla. A veces también podían conseguir un pigmento negro hecho a base de huesos calcinados (negro de hueso). En la Figura 1 se observa su uso. Sin embargo, la preparación de los pigmentos para pintar cuevas no es lo que algunos clasifican erróneamente como arte primitivo. Se requería de un buen oficio en identificar los materiales útiles, molerlos consistentemente hasta tener la textura adecuada y suspenderlos en aceite vegetal y grasa animal para así aplicarlos. Además, fueron capaces de iden-

tificar que "aditivos" eran útiles para facilitar la aplicación sobre la roca o bien para evitar que las líneas se fracturaran al secado. En particular, el uso de feldespato de potasio, un mineral de fórmula $KAlSi_3O_8$, que forma rocas en láminas delgadas representó uno de los grandes avances en su técnica. Este mineral, uno de los más abundantes en la corteza terrestre, es incoloro o de un color sucio, dependiendo del contenido de otros elementos, es utilizado desde la antigüedad porque se observó que facilitaba la fusión para esmaltes y vidrios. En el caso que nos ocupa, los pigmentos, la estructura laminar de los feldespatos ayuda a esparcir los pigmentos de manera más uniforme. Los pigmentos de tierras y ocre abarcan varios colores, desde el amarillo hasta el café. Todos ellos son arcillas, hechas de minerales de silicio y de aluminio, que contienen trióxido de hierro (Fe_2O_3) con diferentes cantidades de agua. Este último ingrediente es importante para determinar el color final. Muchas de ellas se utilizaron tal como fueron extraídas y otras más, conocidas como siena tostada y tierra tostada, se calentaron y perdieron agua por evaporación tornándose más oscuras. Además, las diferencias entre estos colores dependen del lugar en que fueron extraídas. De hecho, el nombre que recibe el color señala su origen geográfico así, el color siena, tiene origen en la región de Umbria en Italia. Cennini en el S. XIV relata en su *Libro del Arte*, considerado como un recetario antiguo, una anécdota de un paseo en la montaña: "en una gruta silvestre, excavando con una pala descubrí colores de varios tipos: ocre, sinopia oscura y clara, [...] y te prometo que nunca he visto un ocre más bello y perfecto". Ahora sabemos, gracias al análisis químico de estos pigmentos, que la diferencia fundamental es la presencia o no de manganeso. Por ejemplo, los ocre amarillos no contienen manganeso; las sienas contienen entre 0.1% - 1% de manganeso en su composición; y las tierras de sombra entre 7-20% de este mismo elemento. ¿Qué importancia tiene la presencia de manganeso en el compuesto? El manganeso es un catalizador de secado, es decir aceleran el secado de la pintura, cualidad muy valorada por los pintores famosos que lo utilizaron en sus pinturas al óleo. Un dato curioso es que las tierras de sombra se llaman "de sombra" porque este color juntamente era utilizado para crear sombras en los personajes de las obras, así como la sombra del pelo y las mantas. Los colores tierra y los ocre son muy utilizados por su buena capacidad cubriente

y por ser estables químicamente lo que los hace durables a través del tiempo.

Por último, el blanco, llamado blanco de huesos, lo obtenían de huesos triturados sin calcinar que obtenían de manera natural de la calcita. Ninguno de los pigmentos blancos antiguos resultó muy cubriente, así que buscaron otras formas de obtener pigmentos blancos. La de los sumerios fue la primera civilización que utilizó el blanco de plomo, conocido también como albayalde y cerusa, que está constituido por un carbonato básico de plomo, una mezcla en equilibrio del carbonato, $PbCO_3$, y del hidróxido $Pb(OH)_2$ de este elemento. Este pigmento es el primero considerado artificial, ya que su método de obtención no era "natural", sino que se creaba por *alquimia*. Los procedimientos para crearlo fueron descritos por Teofrasto, Vitruvio y Plinio. Uno de ellos, el más común consistía en llenar de vinagre (ácido acético) recipientes de terracota (barro) e introducir pedazos de plomo. Transcurridos diez días o más se rascaba el depósito en el fondo del cuenco y la masa blanca adherida a los trozos de plomo. Esta masa se separaba y sumergían de nuevo el plomo hasta transformarlo completamente en albayalde. Se sabía que la reacción se podía acelerar si a la mezcla le agregaban excrementos de caballo, ingrediente favorito de las recetas alquímicas.

El tamaño de las partículas del carbonato básico de plomo es muy uniforme por lo que algunos autores han llamado a éste, el pigmento estrella del óleo: al mezclarse con los aglutinantes forma una pasta suave, cubriente y manejable; seca rápido y su fabricación tiene un costo bajo. Sin embargo, es un pigmento sumamente tóxico y no muy estable químicamente; el contacto con un ambiente ácido lo transforma en sulfato de plomo de color negro. Esto hizo que su uso en murales en pinturas al fresco se evitara. Aunque siendo considerado un excelente pigmento, la búsqueda de nuevos pigmentos blancos que pudieran sustituirlo continuó. Fue hasta el siglo XIX que dos buenos competidores para el blanco de plomo aparecieron: el blanco de zinc (ZnO) y el blanco de Titanio (TiO_2).

El que quiera azul celeste, que le cueste

En Europa, los pigmentos color azul eran muy escasos y por ello costosos, hasta que entre 1270-1280 las rutas comerciales que Marco Polo estableció con el mundo árabe lograron que el lapislázuli llegara a Venecia. El preciado pigmento, que llegó por vía marítima, recibió más tarde el nombre de azul ultramar. Cennini describe a este pigmento como un color

noble, bello, más perfecto que ningún otro color. Y en efecto, es uno de los colores más hermosos y puros que se utilizaron desde la antigüedad. El mineral de donde se extrae este color es el lapislázuli, cuya composición química es bastante compleja, pues se trata de un aluminio-silicato de sodio y sulfuro de sodio.

El hermoso color del lapislázuli, mostrado en la figura 2, se utilizó en Babilonia tres mil años A.C. y el que llegó durante el medioevo a Europa proviene de minas en lo que ahora es Afganistán. El valor de ese mineral y la codicia por éste, llevó a buscar otros minerales que pudiesen emplearse como sustitutos. Un mineral menos costoso pero no barato, la azurita, también entró al mercado de los pigmentos. El carbonato básico de cobre, $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, que se encontraba en algunos depósitos en el este de Francia, Hungría, España y Alemania (de donde toma el nombre de Azule de Alemania), es de un color similar pero, químicamente muy diferente al lapislázuli. Para evitar que se vendieran azurita por lapislázuli era necesario practicar una sencilla prueba: calentar al rojo vivo un fragmento pequeño, si al enfriarse este se tornaba negro, el color del óxido de cobre era azurita y si permanecía azul, era lapislázuli. Los artistas que preparaban sus propios colores, sabían que el molido que se le practica al mineral antes de suspenderlo en aceite, es muy importante para determinar la tonalidad final: al moler muy finamente la azurita, se obtiene un tono azul celeste apagado, ideal para pintar el cielo en paisajes en un lienzo, pero carente de la riqueza y tonos violáceos del azul ultramar. Para mantener su color intenso es necesario que el molido del mineral sea más grueso. Los grandes maestros de la pintura del medioevo aprendieron a pintar con azurita de grano grueso suspendida en cola animal, similar al pegamento actual, de forma tal que cada pequeño granito de azurita brillaba como una pequeña joya sobre la pintura. Los azules de la Capilla Sixtina pintada por Miguel Ángel, fueron hechos con azurita. Si tienes oportunidad de verla directamente o incluso si pones atención en fotografías, podrás notar que algunas zonas que originalmente eran azules con el paso del tiempo se transformaron a un color verde. Esta obra es un ejemplo de la versatilidad de la azurita, ya que este pigmento en un ambiente ácido se convierte en el carbonato ácido de cobre que es la malaquita, de color verde.

La búsqueda de pigmentos azules es una larga historia con muchos episodios en los que las transformaciones químicas de diferentes minerales son las "varitas mágicas". De hecho, uno de los últimos

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: editorial@acmor.org.mx



episodios de esta historia ocurrió hace pocos meses en la Universidad Estatal de Oregon en Estados Unidos y fue totalmente inesperado. En el grupo del Dr. Mas Subramanian, que se dedica a la búsqueda de materiales con posibles aplicaciones en dispositivos electrónicos, mezclaron óxido de manganeso, de color negro, con otras sustancias químicas en diferentes proporciones que contenían a los elementos químicos indio (In) e ytrio (Y) y calentaron a una temperatura cercana a los 1100 °C. Resultó que una de las combinaciones que intentaron tenía un brillante color azul. Para entender qué es lo especial en el compuesto que combinaba los tres elementos (YInMn), es decir, a qué debe su color, fue necesario estudiar la forma en la que los átomos están acomodados en el cristal. Así fue como concluyeron que el manganeso de ese compuesto absorbe la luz roja y verde por lo que únicamente la luz azul es reflejada. Las pruebas en agua y en aceite han mostrado que es un compuesto muy estable que no se decolora. Además, es un compuesto que no es tóxico por lo que es de esperarse que se pueda utilizar en muchas aplicaciones, por ejemplo, pinturas que ayuden a mantener fresco el ambiente dentro de las construcciones modernas; al reflejar la luz infrarroja, la temperatura no aumentará tanto como un edificio pintado de otro color.

El color de la Reina roja

Muchos de nosotros recordamos el famoso color carne que, ya sea en su versión crayola o lápiz de color, suele ser muy cotizado para dibujar nuestros primeros retratos. En realidad, no somos pocos los que hemos pensado que no conocemos a nadie con un color de piel similar al llamado "color carne" pero a través de la historia, reproducir el color de la piel humana en sus diferentes tonalidades ha sido un gran reto. Los artistas del renacimiento emplearon una mezcla hecha con dos pigmentos; blanco de plomo y cinabrio. De esta manera, alcanzaron un color que, si bien emulaba la piel, resultaba tremendamente tóxico y venenoso. En párrafos anteriores señalábamos que el blanco de plomo es venenoso, pero el cinabrio, el sulfuro de mercurio (HgS), lo es aún más. Este pigmento, que se ha encontrado en obras pertenecientes a las más antiguas dinastías chinas (S. XV a.C.) así como en trabajos hechos por griegos y romanos, se encuentra de manera abun-

dante en yacimientos en zonas volcánicas sulfuradas, fuentes termales. Sobre este pigmento, Plinio mencionaba en sus escritos que no debía de ser tocado por el sol, la luna o el viento, para explicar que en pinturas murales se ennegrece. El sulfuro de mercurio se cubre en su capa más superficial del sulfato de mercurio. Una vez que se retira la capa negra, es posible recuperar el color rojo hasta que, nuevamente, reaccionara con el oxígeno del aire y la humedad del medio ambiente. El color de este pigmento se parece mucho al color del ladrillo y gracias a esta similitud, el cinabrio fue el pigmento más adulterado ya que se sustituía con polvo de ladrillo o con óxido de plomo. Para asegurarte de no comprar el adulterado, no había más que adquirirlo entero y solo después molerlo con una piedra de pórfido, un material de gran dureza, como se muestra en la figura 3.

A mediados del siglo VIII un famoso alquimista árabe Abúmusá-Jabir-ibn-Hayan logró hacer el sulfuro de mercurio artificialmente. El proceso consistía en mezclar una parte de mercurio y dos partes de azufre bien molido; verterlo en un recipiente y cubrir con barro. El recipiente así sellado se introducía en un horno a fuego lento. La boca del recipiente se cubría con una teja y la indicación de que el color estaba listo era la salida de humo rojo o anaranjado. Una vez que esto ocurría, se retiraba del del fuego y al enfriarse se obtenía el hermoso cinabrio. En México, el cinabrio tenía connotaciones simbólicas. Se usaba para recubrir las cámaras funerarias de las personas fallecidas que pertenecían a la nobleza, ya que el rojo simbolizaba el Este, el lugar donde nace el sol, símbolo de reencarnación. El ejemplo más conocido es la reina roja de Palenque, que gracias a este pigmento, obtuvo su famoso nombre. ¿Eres artista? ¿eres científico?



Figura 1. Detalle de una de las pinturas rupestres de la cueva de Altamira en España en la que se puede apreciar el uso de al menos cuatro colores: ocre, rojo, blanco y negro.

¿Buscas un pigmento de un color específico? La colección más grande de pigmentos se encuentra alojada en uno de los museos de arte de Harvard, en Cambridge Massachusetts. Allí, guardados en recipientes especiales, ordenados por color y en condiciones controladas de temperatura, humedad e iluminación, es muy posible que encuentres entre sus más de 2,500 muestras, el color que buscas. Esta colección, casi catálogo universal de colores, fue iniciada por E. Waldo Forbes a principios del siglo XX y contiene coloridas historias de la química tras de cada muestra. Recomendación: Hasta finales de noviembre puedes visitar una maravillosa y sorprendente exhibición de murales de arte rupestre del Instituto Frobenius de Alemania en el Museo Nacional de Antropología. Figura 4.



Figura 2. Fragmento de mineral de lapislázuli pulido.



Figura 3. Imagen tomada de "El libro del arte" de Cennino Cennini, pg. 88. Molienda del cinabrio sobre piedra de pórfido. Grabado en madera en el Hortus Sanitatis, Maguncia, 1484.

Recomendación: Hasta finales de noviembre puedes visitar una maravillosa y sorprendente exhibición de murales de arte rupestre del Instituto Frobenius de Alemania en el Museo Nacional de Antropología. Figura 4.



Referencias:

El libro del arte, Cennino Cennini, Ed. Neri, España (1982)
La química en la restauración. Los materiales del arte pictórico, Mauro Matteini y Arcangelo Moles, Ed. Nerea, España (1989)
Bright Earth. Art and the invention of color, Philip Ball, University of Chicago (2003)

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx