



Pigmentos Naturales

Dra. Nancy Martín

Dra. Margarita Viniegra

*Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa
Departamento de Química.*

Resumen

En este trabajo se muestra un panorama de los pigmentos naturales más importantes que han sido usados a lo largo de la historia, desde la prehistoria hasta la actualidad. Se describe su composición, su relación con el color, algunas de sus aplicaciones y su evolución histórica.

Palabras clave. Pigmentos; Óxidos metálicos; Colorantes; Color.

Abstract

This work shows an overview of the most important natural pigments that have been used throughout history, from prehistory to the present. Its composition, its relationship the colour, some of its applications and its historical evolution are described.

Key words. Pigments; Metal Oxides; Dyes; Colour.

1. Introducción.

El color en la naturaleza es uno de los acontecimientos maravillosos que disfrutamos en nuestra vida diaria. La mayoría de los hermosos colores que observamos son producidos por distintos pigmentos naturales.

La palabra color tiene diferentes interpretaciones. Por ejemplo, el físico relaciona el color con fotones (o partículas) de cierto nivel de energía, el fisiólogo con el estímulo de la luz en la retina y el químico, con un colorante (y con todo lo anterior) (Flores B. y col., 1995).

Para percibir el color de un objeto es necesaria la luz, la cual son ondas electromagnéticas que, según su energía, forman el espectro electromagnético. Un objeto tiene un color específico por dos razones: refleja o transmite ese color, o absorbe luz del color complementario. Las sustancias coloreadas son las que absorben luz en la región visible del espectro electromagnético (longitudes de onda (λ^1) entre 380 y 750 nm) (Figura 1). Una sustancia muestra el color complementario del que absorbe ya que éste se resta de la luz reflejada o transmitida. Las sustancias que no absorben luz visible son blancas o incoloras, y las que absorben todas las longitudes de onda, se ven negras. Si la banda de absorción es aguda el color es brillante, mientras que una banda ancha y difusa es la que da lugar a un color opaco [Flores B. y col, 1995, Manzano C., 2009].

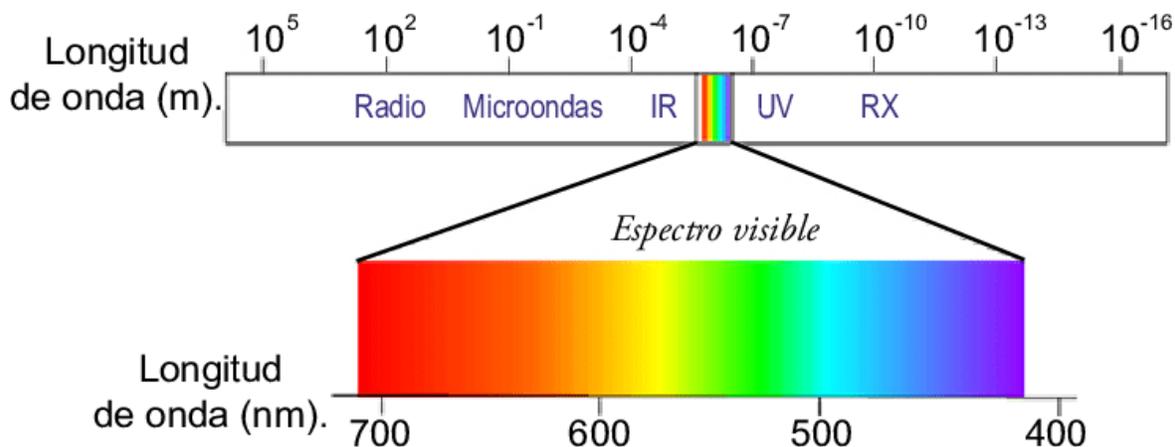


Figura 1. Espectro electromagnético [4].

¹ $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$

En el sistema aditivo del color, se usa la luz roja-verde-azul (RGB, por sus siglas en inglés) (Figura 2) (Minerva, 2022) para realizar mezclas y reproducir los colores en los pigmentos. En este sistema se clasifican los colores como, primarios, secundarios, terciarios y complementarios. Los **primarios** están constituidos por tres grupos; en el primero, están el amarillo, el rojo y el azul. Mezclando pigmentos con estos colores se obtienen a los demás. En el segundo están, el amarillo, el verde y el rojo. Estos al mezclarse, dependiendo de la proporción forman otros colores y si se mezclan en cantidades iguales producen el color blanco (mezcla aditiva). En el tercer grupo están, el magenta, el amarillo y el cian, estos son usados como tintas de impresión.

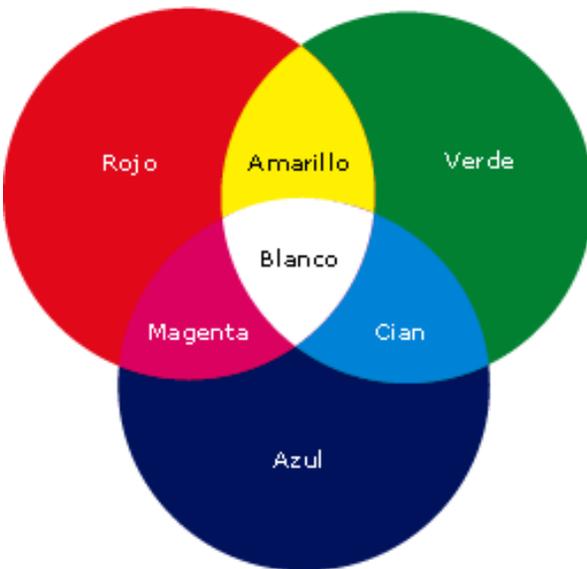


Figura 2. Mezcla aditiva (RGB)

Entre los **secundarios** están el verde, el violeta y el naranja, que se obtienen de la mezcla, en cantidades iguales, de dos de los elementos del primer grupo de los colores primarios.

Los **terciarios** se componen del rojo violáceo, el rojo anaranjado, el amarillo

anaranjado, amarillo verdoso, azul verdoso y azul violáceo. Estos surgen de una misma proporción de un color primario y otro secundario.

Se dice que dos colores son **complementarios** si en su mezcla aditiva (modelo donde se obtiene el color a partir de la suma de los llamados colores espectrales) al combinar a todos.

los colores se produce el color blanco. En el caso de los colores primarios, son complementarios entre sí, rojo y cian, verde y magenta, y azul y amarillo. En la Figura 2 podemos observar cómo están ordenados estos colores complementarios (uno enfrente del otro).

La **materia colorante** es una sustancia de origen natural, orgánico (vegetal o mineral) o sintético, la cual por su constitución química o por su estructura cristalina, posee color. Pueden ser incorporadas a otros materiales, por dispersión o por disolución y se dividen en dos grandes grupos: los colorantes y los pigmentos.

Un **colorante** es un compuesto orgánico que al aplicarlo a un sustrato (generalmente una fibra textil, pero puede ser cuero, papel, plástico o alimento) le confiere un color más o menos permanente. Un colorante se aplica en disolución o emulsión y el sustrato debe tener cierta afinidad para absorberlo. Los colorantes son, en general, **solubles** en el medio de impregnación, en los propios sustratos en el que se aplican, o en el producto final.

Por su parte, los **pigmentos** pueden ser biológicos, orgánicos, organometálicos, o inorgánicos (metálicos o minerales). Son partículas sólidas de color, **insolubles** en el medio a colorear y no son afectados,

Pigmento	Origen Natural	Lugar Origen	Color
Índigo	planta <i>Indigofera Tinctoria</i>	India y México	azul
Amarillo Indio	orina Vacas alimentadas con mango	India	amarillo
Carmín	insecto Cochinilla (<i>Dactylopius Coccus</i>)	Perú y México	rojo
Púrpura	molusco caracol púrpura	México	violeta
Negro de Humo y Negro de huesos	hollín de aceites y grasas hollín de huesos de animales	Italia	negro
Siena Natural	tierra con hierro y manganeso	Italia	marrón

Tabla 1. Ejemplo de algunos pigmentos naturales

física y químicamente, por el soporte o sustrato sobre el que están depositados. Los pigmentos conservan su estructura de partícula cristalina durante todo el proceso de fabricación y se distinguen de los colorantes, principalmente por la forma en cómo se aplican, más que por la composición química, aunque algunos autores centran la diferencia entre colorantes y pigmentos en la forma en cómo interactúan con la luz (Espinoza F.H., 2008, San Andrés y col., (2010).

La mayoría de los **pigmentos son colorantes** secos que se presentan como un polvo fino. Este polvo se añade a un aglutinante neutro e incoloro que se suspende en solución para formar un revestimiento (lo que técnicamente se denomina suspensión coloidal) (Pérez- López O., 2001).

Según su composición química, los pigmentos se pueden englobar en dos grandes tipos: **orgánicos** e **inorgánicos**, y según su origen, en **naturales** y **artificiales** o **sintéticos**. También, dentro

de los actuales pigmentos existe la combinación de compuestos orgánicos e inorgánicos y son los llamados pigmentos híbridos (Lima E., 2009).

Actualmente, algunos defensores de la naturaleza plantean argumentos en contra del uso de los **pigmentos naturales** (vegetales, moluscos, insectos o minerales) (Tabla 1), en particular, en la industria textil, porque un manejo inadecuado de ciertas plantas venenosas, o su combinación con sales de metales pesados u otras sustancias que se aplican como fijadores, pueden presentar peligros de toxicidad, además de que la exposición al calor o al sol degrada el color. Sin embargo, los pigmentos naturales se han usado desde la época prehistórica y se siguen usando.

Entre las características que describen a los pigmentos están: la fuerza de coloración, el matiz (o color), la dispersabilidad y el poder de recubrimiento. Además, se tienen otras propiedades que son importan-

tes a considerar según su aplicación final y se mencionan a continuación: la estabilidad ante la luz solar, ante la temperatura, la resistencia a distintos productos químicos y la resistencia a la migración.

Desde la perspectiva de la química son los grupos funcionales los responsables de producir color y se utilizan los términos cromóforos y auxocromos para nombrarlos.

Los cromóforos (chromos = color; foro = portador) son los grupos responsables de generar el color y los auxocromos (auxo = aumentar; chromos = color) tienen la propiedad de intensificar la acción de los cromóforos. En general, los grupos cromóforos están unidos a un grupo aromático, tipo bencénico (Figura 3). Los cromóforos, algunos se presentan en la Tabla 2, son los que generan color y al modificarlo, se generan otros colores o tonos. Conforme aumenta la complejidad del grupo funcional el color se hace más oscuro (Monros G. y col., 2003).



Anilina ($\lambda=250$ nm) Benceno ($\lambda= 254$ nm)

Figura 3. Ejemplo de grupos bencénicos.

Los auxocromos, son grupos que por sí solos no dan color, pero en conjunto con un cromóforo aumentan la intensidad del color.

En la Tabla 3 se presentan algunos ejemplos de auxocromos (Monros y col. 2003).

Ácidos	Básicos
Fenólico (OH)	Amino (NH ₂)
Sulfónico (SO ₂)	Amino (NH-R)
Carboxilo (CO-OH)	Amino (N-R ₂)

Tabla 3. Principales auxocromos

A continuación, se describen algunos de los pigmentos inorgánicos y orgánicos naturales más utilizados.

2. Pigmentos inorgánicos.

Los pigmentos inorgánicos también se conocen como pigmentos minerales, pues algunos de ellos son naturales. Generalmente, son compuestos metálicos que se obtienen a partir de sustancias inorgánicas provenientes de la extracción en cuevas o minas. Estos pigmentos se clasifican, según el color, en: blancos, coloreados y negros (Figura 4 y Tabla 4).

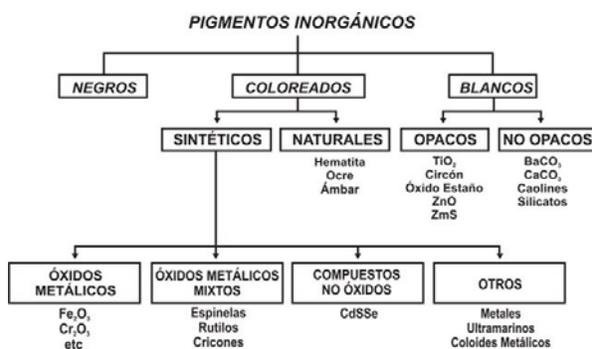


Figura 4. Clasificación de pigmentos inorgánicos según el color (Monros y col., 2003)

Nombre	Azo	Nitro	Nitroso	Azometilo	Azoxy
Estructura	HN=NH	-NO ₂	-N=O	>C=NH	HN=N-O
Nombre	Carbonilo	Tiocarbonilo	Quinonas	Etileno	Antraceno
Estructura	>C=O	>C=S		H ₂ C=CH ₂	

Tabla 2. Principales cromóforos.

COLOR	NOMBRE Y COMPOSICIÓN	IMAGEN (Ejemplos)
NEGROS	Negro humo (carbón o dióxido de manganeso)	 Negro de carbón
BLANCOS	Calcita: carbonatos de calcio Hidrocerusita y cerusita: blancos de plomo (hidroxicarbonato de plomo) Barita (sulfato de bario)	 Calcita
AMARILLOS Y NARANJAS	Limonita: ocre (goetita y otros óxidos de hierro) Sienas: Oropimente y rejahieros (sulfuros de arsénico). Litargirio: (sales de plomo, cromo y hierro) Amarillo Nápoles	 Mineral de ocre (goetita)
ROJOS	Ocres rojos: (óxidos de hierro) Cinabrio: bermellón (sulfuros de mercurio) Rojo de plomo: minio (tetróxido de plomo)	 Ocre rojo (hematita)
AZULES Y VERDES	Lazurita: azul ultramar o lapizlázuli (silicato de sodio, aluminio y azufre). Azurita: (hidroxicarbonato de cobre (II)) Azul egipcio (silicato de calcio y cobre) Violetas: (sales de cobalto) Verdigris: (acetatos de cobre, fosfosilicatos de hierro y magnesio) Malaquita: (hidroxicarbonato de cobre (I))	 Azul egipcio

Tabla 4. Clasificación de pigmentos [1] <https://www.avesfotos.eu/mineral-ocre.html>

Los pigmentos inorgánicos, por su característica metálica, tienen una fuerza colorante inferior y una mayor toxicidad, que los pigmentos orgánicos. En particular, son objetos los amarillos de cromo y los naranjas de molibdeno debido a la presencia de plomo, adicional a la de Cr y Mo, en su composición.

Dentro de la familia de pigmentos inorgánicos también se incluyen a los llamados pigmentos de efecto, como son: los metálicos (bronces en polvo o purpurinas y aluminios), los fosforescentes, los fluorescentes y los perlados o perlescentes (San Andrés y col., 2010).

2.1. Tipos de tratamientos

Después del proceso de separación, a los pigmentos se les aplican diversos **tipos de tratamientos** como son: el lavado, la exposición al aire o al sol, el quebrado, la pulverización y la calcinación mediante cocción y el proceso de molienda, repetidos estos dos últimos hasta lograr alcanzar el tono deseado y un tamaño de partícula homogéneo. La molienda es una etapa muy importante debido a que el poder de recubrimiento del pigmento es proporcional al tamaño de partícula del sólido.

Mencionamos aquí tres ejemplos particulares de tratamientos:

- Precipitación y secado: para amarillos de cromo, naranjas de cromo y de molibdato.
- Precipitación, secado y calcinación: para los pigmentos de cadmio y el azul de ultramar.
- Calcinación de mezcla de óxidos: titanato de níquel.

Los tratamientos de calcinación tienen la ventaja de que los pigmentos obtenidos a altas temperaturas presentan una mayor

estabilidad al calor y una mejor solidez a la intemperie.

2.2. Propiedades de los pigmentos

El color en los pigmentos inorgánicos está dado tanto por las propiedades estructurales como por las electrónicas

El comportamiento del color en los pigmentos inorgánicos está relacionado con la distribución de los electrones (partículas negativas) en los átomos metálicos. En particular, los metales de transición tienen electrones ubicados en los orbitales *d* de energía, los cuales bajo la influencia de los ligandos (moléculas o iones unidos a los átomos de metal) pueden absorber energía en la región visible del espectro (Figura 1) y de ahí la presencia del color (Flores B. y col., 1995; Marcano D., 2008).

Todos los pigmentos inorgánicos, a excepción de algunos, tienen estructuras cristalinas bien definidas que son las responsables de su tamaño, forma y color. Algunos compuestos pueden tener distintas organizaciones cristalinas (son los llamados pigmentos *polimórficos*). A las unidades más pequeñas de estos cristales se les llama **partículas primarias**, que son muy pequeñas, se atraen entre ellas y se pegan unas con otras generando **aglomerados**. Estos aglomerados son los gránulos que se ven en los pigmentos.

Por tanto, entre las propiedades físicas, el tamaño de partícula del pigmento es muy importante, ya que afecta el color, el brillo, la transparencia, la distribución y la estabilidad de las partículas en la dispersión. Este tamaño es muy pequeño y se mide en unidades de longitud (μm , *micrómetro* o *micra* = 10^{-3} mm). Los valores típicos de diámetro medio de las partículas primarias son:

- negro de carbón – 0.01-.08 μm ,
- dióxido de titanio – 0.22 a 0.24 μm ,
- orgánicos – 0.01 a 1.00 μm ,
- inorgánicos – 0.10 a 5.00 μm .

El área superficial de un pigmento es otro parámetro importante y es la suma de las áreas de todas las partículas primarias contenidas en 1 gramo de pigmento; se mide en metros cuadrados (m^2). Los valores comunes de áreas están entre 10 y 130 m^2 . A medida que el tamaño de partícula del pigmento disminuye, el área de la superficie, por unidad de masa, aumenta.

2.3. Historia

Nuestros antepasados idearon muchas e ingeniosas formas para obtener pigmentos de muchos colores; estos materiales fueron evolucionando en el tiempo y 4 personajes de la historia son importantes para este desarrollo (Tabla 4).

PERSONAJE	DESCRIPCIÓN DE COLORES
Aristóteles (322 a.C-384 a.C)	Cuatro colores: Tierra; Fuego; Agua; Cielo.
Leonardo Da Vinci (1452-1519)	Seis colores: Blanco (principal); Amarillo (Tierra); Verde (Agua); Azul (Cielo); Rojo (Fuego); Negro (Oscuridad).
Isaac Newton (1643-1727)	Principio: La luz es color.
Johann Wolfgang Von Goethe (1749-1832)	Psicología del color
Albert Einstein (1879-1955)	Relación luz - color - energía

Tabla 4. Personajes históricos y su relación con el color.

Del uso de los pigmentos en el arte, podemos hablar de tres periodos: el clásico, el impresionista y el contemporáneo. Esta clasificación se da por los tres momentos importantes en la historia del siglo XIX siguientes: el período clásico, el renacimiento y el contemporáneo, éste último en donde desemboca el panorama actual de disponibilidad de los pigmentos (Figura 5) (Mayer R., 1993).

El **período clásico**, llamado el de la oscuridad. En este período, los pigmentos tienen sus orígenes en las piedras y minerales molidos –como los ocre, óxidos y negros-, materiales que se usaron desde la prehistoria y que aparecen en las pinturas rupestres en las cuevas. En las cuevas de *Twin Rivers*, cerca de Lusaka en Zambia, se encontraron pruebas de que el uso de estos pigmentos data de entre 350,000 y 400,000 años de antigüedad.

Cabe mencionar que, a lo largo de la historia de la humanidad, el color azul ha sido uno de los más cotizados, tal vez debido a la dificultad para obtenerlo. Por ello, los pigmentos azules se más tarde en el tiempo que otros como el rojo, negro, marrón u ocre, más fáciles de conseguir en la naturaleza y que fueron usados en el arte paleolítico. El pigmento azul más cotizado provenía de minerales como el *lapislázuli*, escaso, raro y, por ende, muy costoso. Los mayores yacimientos están situados en el Hindukush de Afganistán. De este lugar traían los egipcios el *lapislázuli* que convertían en azurita (carbonato de cobre); al combinar este carbonato con sílice, producían el polvo que proporcionaba el pigmento azul conocido como azul egipcio (Tabla 4). Este pigmento es un filosilicato de calcio y cobre ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), que en su forma natural como mineral (cuprorivaíta) es muy escaso, de ahí la necesidad de sintetizarlo.



Figura 5. Línea del tiempo de pigmentos.

De igual forma, el blanco de plomo (carbonato de plomo, $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) fue otro pigmento sintético usado en esa época, que se obtenía al combinar sales de plomo con vinagre (ácido acético, CH_3COOH) en presencia de dióxido de carbono (CO_2).

Algunas prendas de vestir del año 2.500 a. C. revelan que se utilizaba el azul índigo o añil índigo, pasta de colorante hecha a base de las plantas del género *indigofera*, y el rojo alizarina, extracto de la planta rubia roja. Por siglos, este rojo luminoso, también conocido como rojo turco o rubia *tinctorum*, fue el único colorante rojo resistente a la luz. Con los años los procesos de producción fueron mejorando y, en Perú, se encontraron restos de prendas textiles con un intenso color rojo que datan del año 700 de nuestra era.

Los pintores de la **época medieval** se las arreglaron ingeniosamente para producir sus propios pigmentos y pintar a partir de minerales, arcillas, plantas, huesos, conchas e insectos.

Fue en el **renacimiento**, gracias al intercambio comercial y al auge marítimo, que los pintores de la Europa occidental tuvieron acceso a muchos de pigmentos nuevos para ellos. Si se da una mirada atrás en el tiempo, a lo largo de la historia del arte, las pinturas siempre representan un reflejo de los materiales disponibles en cada época para los artistas (González J., 2019).

Así, en la **era contemporánea**, en los últimos 300 años gracias a la evolución de la química, muchos pigmentos orgánicos sintéticos se han sumado o han reemplazado a los colorantes minerales naturales insolubles, por los solubles en agua o en aceite (óleos), con miles de colores puros y permanentes, entre los que se puede elegir a cualquiera de ellos para pintar.

Entre los primeros pigmentos sintéticos conocidos está el azul de Prusia (ferrocianuro férrico), el cual se preparó por primera vez en 1704. Posteriormente, en 1869, en la empresa alemana BASF, Carl Graebe y Carl Liebermann, junto con Heinrich Caro, descubrieron, que la base del colo-

rante de la rubia era el antraceno (hidrocarburo aromático policíclico) (Tabla 2), compuesto también presente en el alquitrán de hulla, a partir del cual sintetizaron el primer

pigmento comercial, la alizarina roja. Este descubrimiento fue el inicio del desarrollo de los colorantes sintéticos a base de compuestos aromáticos tipo azo (Tabla 2).

2.4. Aplicaciones.

2.4.1. Murales mexicanos.

Para los mayas, el color tenía un **significado ceremonial**. En general (en los murales, figuras y vestigios) el color azul se relacionaba con ofrendas de sangre.

Los artistas del México prehispánico emplearon materiales locales como el azul Maya y la grana cochinilla, junto con otros recursos de la tierra (minerales y óxidos) para crear sus hermosos murales.

El llamado azul Maya (de tono azul turquesa) continúa sorprendiendo a los historiadores, dado que algunas pinturas creadas alrededor de 300 – 450 d.C. aún conservan su tonalidad brillante. El azul maya se encontró en sitios arqueológicos de la península de Yucatán, así como en Tajín, Tamuín, Cacaxtla, Zaachila, Tula, Bonampak (Figura 6), Yaxchilán y en el Templo Mayor de Tenochtitlán.

Actualmente se sabe que el azul Maya, está elaborado con el pigmento añil obtenido del machacamiento de las hojas y tallos de la planta índigo (*Indigofera suffruticosa*) y distintas arcillas como paligorskita, atapulgita, sacalum, montmorillonita, éstas últimas eran agregadas como fijador para que no se desvaneciera con el sol (Van Horten M.D., 2018; Yacamán M.J. y col., 1996).

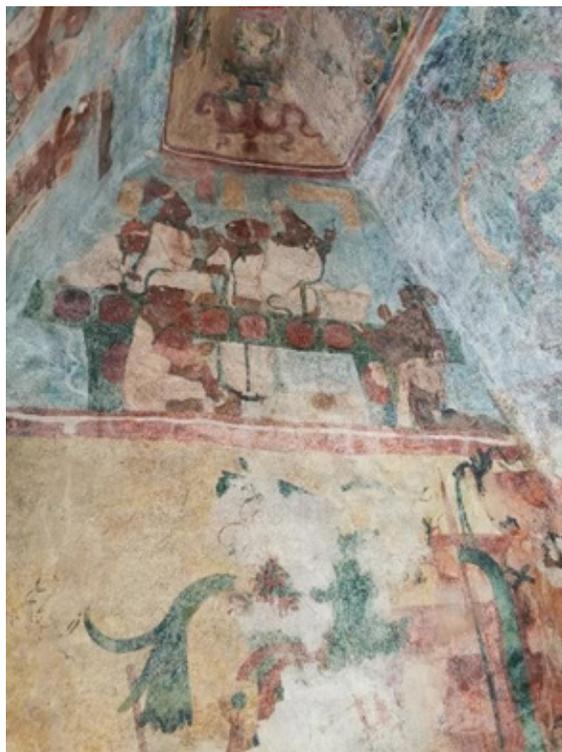


Figura 6. Mural en Bonampak, Chiapas.

En el caso de la mayoría de los murales de Cacaxtla (Tlaxcala) se utilizaron cinco pigmentos (rojo óxido, amarillo ocre, azul maya, negro de humo y el blanco de la cal), que se mezclaban para obtener colores secundarios. Estos pigmentos utilizados fueron minerales de procedencia local, como cal, carbón, hematita y goethita además del azul maya.

En 1910, con la pintura en edificios públicos, se inicia el llamado movimiento muralista mexicano, que tuvo su período más prolífico entre 1921 y 1954. En el 2022, se estableció la celebración de los “100 años del muralismo mexicano”. Los muralistas usaron dos técnicas principales: el fresco y la encáustica. La primera consiste en pintar sobre una capa de cal con pigmentos minerales disueltos en agua. El proceso de secado de la cal hace que los pigmentos se aglutinen y se fijen, aumentando la durabilidad. En la segunda, el

material aglutinante es cera caliente, que se mezcla con los pigmentos. Se puede aplicar con pincel o espátula. Luego, se pule con trapos secos de lino (González J., 2019).

2.4.2. Industria de pinturas.

Los pigmentos se emplean, principalmente, en las industrias de pinturas, de plásticos, y como tintas, en las imprentas y tatuajes. Estos se usan en polvos muy finos, en suspensión con disolventes orgánicos (pinturas y barnices) o en emulsiones acuosas, por tanto, deben tener buena capacidad de dispersión. En la pigmentación el compuesto coloreado se incorpora a la masa de pintura o al plástico, durante el proceso de fabricación y queda atrapado en el interior del material cuando el medio se endurece. En estos procesos industriales el número de pigmentos usado es considerablemente menor que el de colorantes.

Los principales requisitos de los pigmentos industriales son:

- Deben presentar una elevada resistencia a la luz con el fin de soportar los efectos de una prolongada exposición a las condiciones climáticas externas.
- Soportar el moldeo a elevadas temperaturas, en los plásticos o el esmaltado al horno en una pintura, a los ácidos y a las bases, por lo que deben ser resistentes al calor.
- Ser insolubles en agua y en disolventes orgánicos, para impedir por ejemplo que el pigmento flote sobre una capa superpuesta de pintura blanca o de otro color.

Algunos de los pigmentos inorgánicos más utilizados en las industrias de las pinturas y plásticos son: dióxido de titanio, óxidos de hierro (naturales y sintéticos), croma-

tos y molibdatos de plomo (amarillos de cromo y naranjas de molibdeno), pigmentos de ultramar (azul, violeta y rosado) y pigmentos de negros de humo. Otros, de menor uso, son los pigmentos a base de cadmio (amarillo, rojos), pigmento azul de hierro (azul de Prusia), pigmento violeta de manganeso y pigmento verde de óxido de cromo.

Generalmente se hace distinción entre un pigmento, el cual es sólido e insoluble en disolventes y aglutinantes (formando una suspensión), y una **tinta**, que es un líquido soluble (se emplea como una disolución). Un colorante puede ser un pigmento o una tinta dependiendo del vehículo en el que se usa. En algunos casos, un pigmento puede fabricarse a partir de una tinta, precipitándola con una sal metálica (Kluger N. y Kuljonen V.J., 2012).

Un tema importante en la actualidad es el de las tintas para tatuajes. Al inicio de este procedimiento se empleaba la tinta china (tinta a base de carbón) o los extractos de cortezas de árboles o cenizas. A nivel mundial, existe escasa regulación y se han reportado usos de pinturas de automóviles, tintas de impresora y tintas de textiles, entre otros ((Kluger N. y Kuljonen V.J., 2012). Como los pigmentos naturales son de color mate y de poca duración, son más usadas las tintas sintéticas, que contienen compuestos tipo azo y aromáticos (Tabla 2), que pueden llegar a ser tóxicas. Los colores más usados son el negro y el rojo. En la Tabla 5 se dan los diversos colores de las tintas con sus asociaciones de origen y podemos observar que la mayoría de los pigmentos naturales son de tipo mineral como, hematita, magnetita, siena o arcilla roja, limonita, cincinita, rutilo y corindón. Entre las sales metálicas se tienen las de cromo, níquel y cobalto.

Color Pigmento	Tipo de Mineral	Orgánicos Naturales
ROJO	Óxido de hierro rojo Siena o arcilla roja Sales de mercurio	Pigmento de cochinilla Madera de sándalo Madera de Brasil
NEGRO	Magnetita (óxido de hierro) Carbón	Madera de Roble
AMARILLO	Óxido de hierro Amarillo (ocre) Sales de cadmio	Cúrcuma amarillo
BLANCO	Cincinita (Zinc) Rutilo (óxido de titanio)	N/A
AZUL	Sales de cobalto índigo	Planta
VERDE	Sales de níquel y cromo	N/A

Tabla 5. Pigmentos naturales en las tintas de tatuaje (Kluger N. y Kuljonen V.J., 2012).

2.4.3. Industria de cerámicas.

En la industria de la cerámica los proporcionan el acabado ornamental de las piezas. La estabilidad térmica de los pigmentos es un factor clave para lograr el terminado final del objeto cerámico ya que influye en la textura y la apariencia de la pieza.

La mayoría de los pigmentos en cerámica son compuestos inorgánicos del tipo espinelas, óxidos, carbonatos o aluminatos y se mezclan con óxidos y silicatos como materias primas. Estos materiales se emplean en el vidriado, en el cuerpo de la cerámica, en sanitarios, en porcelanas, etc. y tienen que resistir altas temperaturas (por encima de 1100° C), junto con la agresión química durante el fundido, que en ciertos casos dura largos períodos de tiempo (Manros G. y col., 2003)

Las arcillas, también conocidas como barros, son agregados de silicatos hidratados de aluminio y son la base para producir la cerámica. Presentan diferentes colores antes y después de la cocción: unas son rosas, otras son blancas y otras son moteadas. La gran mayoría de las arcillas que están en la naturaleza deben su coloración a la presencia de hierro que les dan tonalidades de marrón a naranja según las proporciones; si hay cal en la arcilla se obtiene una coloración amarilla. En México se trabaja el barro negro, color que no es natural de una arcilla, sino que se obtiene por la técnica de horneado llamada reducción atmosférica (Cerámicos, 1995).

Los óxidos metálicos son muy útiles para colorear las pastas de arcillas, los baños o los vidriados, y también pueden usarse para pintar sobre la arcilla y después vidriarse, o pintar sobre el vidriado antes de cocerlo.

Al mezclar diferentes óxidos metálicos se pueden formar las llamadas espinelas, que dan como resultado tonalidades variadas de color. La espinela de magnesio y aluminio ($MgAl_2O_4$), puede perder magnesio y convertirse en un óxido de aluminio o *rubí* de coloración roja (Figura 7) (Wikipedia.org, 2022). Los colores obtenidos con óxidos metálicos puros en las cerámicas resultan tener tonalidades más fuertes en comparación con las mezclas.



Figura 7. Ejemplo de espinela de magnesio y aluminio (gris) y óxido de aluminio (rojo) (Wikipedia.org, 2022).

3. Conclusiones

Los pigmentos inorgánicos tienen una gran variedad de aplicaciones en las industrias de cerámicas, de textiles, de pinturas, automotriz, alimentos, así como en las manifestaciones artísticas (óleos, acuarelas, y témperas). Para su uso, los pigmentos deben poseer ciertas propiedades químicas, físicas y estructurales entre las que están el tamaño de partícula, la solubilidad y la resistencia térmica. Además, deben presentar una capacidad de recubrir a otros materiales y un buen poder colorante.

4. Referencias.

Cerámica de Arte Popular (1993). *Guía de México Desconocido*, N° 11, Ed. Jilguero. México.

Espinoza Fernández Héctor (2008). *Pigmentos orgánicos e inorgánicos utilizados en las industrias de pinturas o recubrimientos y del plástico*. Tesis de Licenciatura, U. Chile. Santiago de Chile, Chile.

Flores B. Elena, Roque P. Carmen y Ochoa L. Rómulo (1995). *Química del Color*. *Revista de Química*, Vol. IX, N° 2. 99-109.

González Jorge (2019). Los pigmentos en la pintura. <https://www.ttamayo.com/2019/01/conoce-los-pigmentos-de-la-pintura/> (21/06/2022).

Kluger N. y Kuljonen V. Tattou (2012). Ink and Cancer. *Lancet Oncol*, 13 (4) e161-168.

Lima E. (2009). Una paleta de colores ilimitada: los pigmentos híbridos. *Materiales Avanzados*, 13, 9-14.

Manzano Cristian (2009). *Historia del Color* (Brusatin Manlio (1987) Historia de los colores. Ed. Paidós. México.

Marcano Deanna. (2018) *Introducción a la química de los colorantes*. Colección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. 254 p. Cap. 3 p. 99-119. Caracas, Venezuela.

Mayer Ralph (1993). *Materiales y técnicas del arte*. Ed. Blume. Madrid, España. Minerva. Breve Historia de la Colorimetría. UNAM. http://minerva.dcaa.unam.mx/app/webroot/files/472/COLORIMETRIA_NEWTON_GRASSMAN N.pdf (19/06/2022).

Monrós, G.; Badenes, A.; García, A.; Tena, A. (2003). *El color de la cerámica: Nuevos mecanismos en pigmentos para los nuevos procesados de la industria cerámica* Vol. 11. Publicacions de la Universitat Jaume I. Castellón, España.

Pérez López O (2001). *Cinética y extracción de colorantes naturales para la industria textil*. Tesis de Maestría. Depto. Ing. Química y de Alimentos. UDLAP Puebla, México. catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/mondragon_n_vy/capitulo4.pdf

San Andrés M., Sancho N., de la Roja J.M. (2010) Alquimia, pigmentos y colorantes históricos. *An. Química*, 106 (1), 58-65.

Van Houten Maldonado Devon (2018). El extraordinario color azul que inventaron los mayas en el México precolonial. *BBC Culture*. <https://www.bbc.com/mundo/vert-cul-45503886> (18/06/2022).

Yacamán M.J., Rendon L., Arenas J. y Serra-Puche M.C. (1996), Maya blue Paint: an ancient nanostructured material, *Science*, 273 (5272), 223.

Wikipedia.org (31/08/2022)