

## QUIMICA DEL COLOR

Elena Flores B., Carmen Roque P., Rómulo Ochoa L.\*

### INTRODUCCION

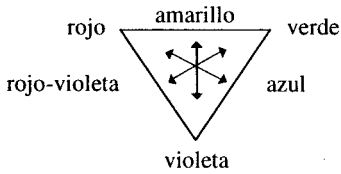
El título de este artículo da énfasis al enfoque y discusión sobre varias teorías del color y cada una de ellas sustentadas sobre principios científicos. La búsqueda de la esencia del color se pierde en la antigüedad. Son físicos como Newton, Huggens, Munsell, químicos, sicólogos y la comunidad misma quienes, hicieron diferentes planteamientos sobre el color. Químicos y físicos profundizándose en la teoría electrónica han explicado como de la radiación visible blanca, parte de sus ondas electromagnéticas son absorbidas por la materia y parte son reflejadas, para dar al observador las ondas que caracterizan el color que muestra la materia con los atributos específicos de tonalidad (azul, verde, violeta), profundidad, esto es, saturación y brillantez.

El prisma utilizado por Newton, ha mostrado algunos hechos que han sido utilizados por científicos y artistas, como el de que existen bandas importantes llamadas fundamentales de las cuales se puede obtener todo el espectro visible, que pueden concretarse a las siguientes teorías:

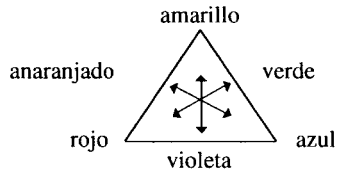
---

\* Pontificia Universidad Católica del Perú, Dpto. de Ciencias, Sección Química.

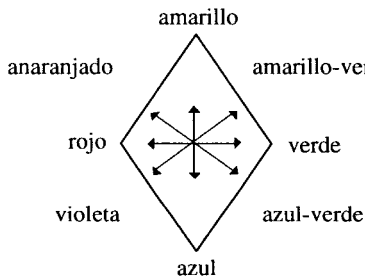
Teoría del físico  
(luz)



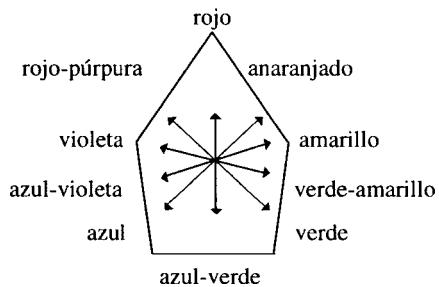
Teoría química  
(pigmento)



Teoría del sicólogo  
(efecto sobre el ser)



Sistema Munsell  
(de uso común)



## DEFINICION DE COLOR

La palabra color tiene diversos significados según el punto de vista. Por ejemplo, el físico relaciona el color con fotones de cierto nivel de energía, el fisiólogo como un estímulo de la retina y el químico como un colorante.

Sin embargo, muchas publicaciones consideran al color únicamente como una percepción visual. Se sabe que la luz visible es una parte del espectro electromagnético que puede ser detectado por el ojo humano.

La luz blanca o “luz del día” se compone de ondas con distintas longitudes de onda que varían entre 400 a 700 milimicras, cada una de las cuales puede producir una sensación de color específica en el ojo.

El espectro visible se divide convencionalmente en las siguientes series de colores:

Color	Longitud de onda (milimicras)
Rojo	700 - 620
Anaranjado	620 - 592
Amarillo	592 - 578
Verde	578 - 500
Azul	500 - 450
Violeta	450 - 400

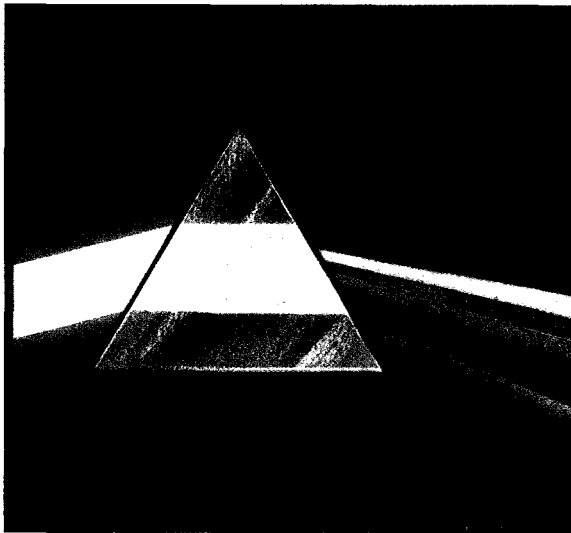


Fig.1 Representación gráfica del fundamento de la ciencia del color. El rayo de luz blanca que procede de la izquierda al atravesar el prisma de vidrio se descompone en los colores del arco iris.

Un objeto se ve cuando la luz que incide sobre él se refleja en el ojo. Si la luz blanca que incide sobre el objeto se descompone de algún modo que no todas las longitudes de onda se transmitan al ojo, el objeto aparecerá coloreado. Así por ejemplo, el pigmento azul de ultramar absorbe casi todas las ondas, menos las que están en la longitud de onda del azul.

## MEDICION DEL COLOR

Siendo el color una sensación subjetiva, en términos estrictamente físicos no podría ser medido. Sin embargo, la cantidad de luz reflejada de la superficie de un objeto opaco, o transmitida por el material transparente si se puede medir, pero la relación entre el valor experimental y la descripción cuantitativa del color es compleja.

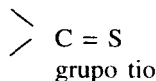
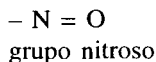
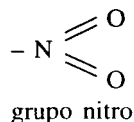
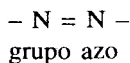
Todos los instrumentos que sirven para “medir” el color tiene tres componentes principales: una fuente de luz para iluminar el objeto a analizar, un sistema para seleccionar una región específica del espectro y un fotodetector. Entre ellos se conoce a los colorímetros, densitómetros, espectrofotómetros, etc.

También se pueden medir los colores por comparación con una serie de muestras estándar. La ventaja de este método es la simplicidad, pero las muestras no son del todo estables, y en consecuencia, no se tiene la precisión del espectrofotómetro.

## ENFOQUE QUIMICO DEL COLOR

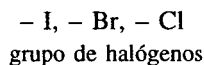
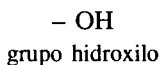
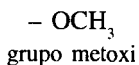
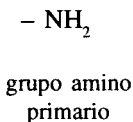
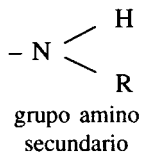
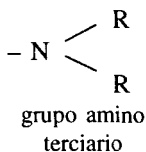
Es interesante conocer si existe conexión entre la estructura química y los colores de los compuestos.

Entre las *sustancias orgánicas* encontramos compuestos coloreados que presentan grupos llamados  *cromóforos*  responsables de darles esta propiedad. Entre ellos podemos mencionar:



Ellos se encuentran usualmente unidos a anillos aromáticos tales como el benceno, antraceno, etc.

Las moléculas coloreadas intensifican su color o lo modifican en presencia de ciertos grupos llamados *auxocromos*:



Por ejemplo el colorante llamado alizarina (rojo) tiene la siguiente estructura (fig. 2). en la que presenta 2 anillos bencénicos, 2 grupos carbonilo (cromóforos) y 2 grupos hidroxilo (auxocromos).

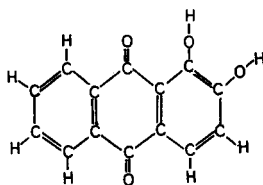


Fig. 2 Estructura de la alizarina

Otro colorante importante es el que se extrae de la cochinilla, el llamado ácido carmínico, cuya estructura se muestra en la fig. 3.

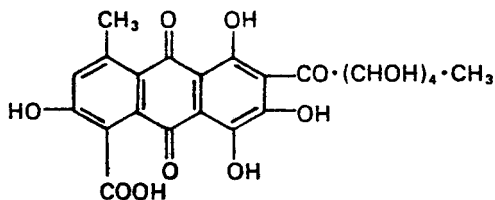


Fig. 3 Estructura del ácido carmínico

Debe notarse que todos los grupos que influyen en el color contienen átomos electronegativos, o dobles enlaces o anillos aromáticos. Todos ellos atraen densidad electrónica, indicando que el color está asociado con compuestos que tienen una alta distribución de electrones localizados.

Compuestos incoloros absorben en regiones que se encuentran fuera del espectro visible.

En cuanto a los *compuestos inorgánicos* el color está también relacionado con el comportamiento de los electrones. Los metales de transición contienen electrones en sus orbitales d de energía, los que, bajo la influencia de los ligandos, pueden absorber energía en la región visible del espectro.

Una teoría que ayudó mucho en la interpretación de los colores de los compuestos de los metales de transición fue la llamada teoría del campo cristalino (TCC), ya que debido a que existen diferencias muy pequeñas de energía entre los orbitales d no equivalentes en los complejos de metales de transición, la excitación de un electrón de un nivel más bajo a uno alto puede lograrse por absorción de luz visible, es por esta razón, que el complejo aparece coloreado.

Así por ejemplo, la solución acuosa del Ti (III) es violeta. Este color se debe al espectro de absorción del complejo  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ , tal como se muestra en la fig. 4.

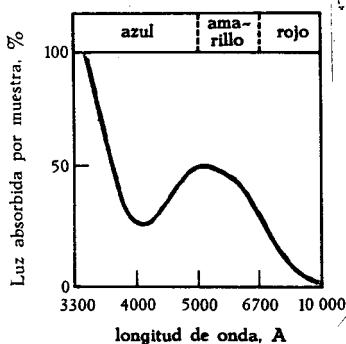


Fig. 4 Espectro de absorción del  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ . Sus soluciones son de color rojo violeta porque absorben la luz amarilla y transmiten la luz roja y la azul.

Este complejo absorbe luz en la región visible, en la fig. 5 se muestra las transiciones electrónicas d - d responsables del color violeta del complejo  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ .

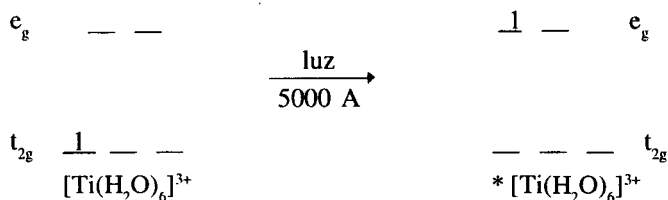


Fig. 5 Transiciones electrónicas d - d del  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

## COLORANTES Y PIGMENTOS

No todas las sustancias coloreadas pueden utilizarse como colorantes. Se entiende por colorante a aquellas sustancias que, a partir de una solución o de una mezcla de partículas, son capaces de unirse fuertemente a un material determinado (sea fibra textil, papel, piel, etc.)

Se puede distinguir dos tipos de colorantes: los orgánicos y los minerales o inorgánicos. Estos últimos se transportan sobre la superficie en forma de partículas finamente esparcidas conjuntamente con sustancias de unión o pegamentos. En oposición a éstos, los colorantes orgánicos se disuelven homogéneamente con el material a teñir.

Los pigmentos, en especial los inorgánicos, son los principales componentes de los sistemas de revestimientos, son partículas finas, a menudo mezclas complejas, en los que el metal de transición es la parte principal de la molécula.

El uso de los pigmentos naturales se remonta a los tiempos prehistóricos, en la actualidad, utilizamos como pigmentos a una variedad casi infinita de sustancias.

El color de un determinado pigmento corresponde a la facultad que tiene para reflejar ciertas longitudes de onda, tal como lo mencionamos anteriormente, además, hay que tener en cuenta su finura o grado de molienda ya que de ellos depende su poder colorante.

Los pigmentos pueden ser clasificados en naturales y sintéticos, de acuerdo a su origen, dividiéndose a su vez cada uno de éstos en grupos orgánicos é inorgánicos, los primeros se obtienen a partir de rocas blandas, o de depósitos existentes en la naturaleza, tales como arcilla, como ejemplo podemos mencionar al dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), el cual es un pigmento que se obtiene fundamentalmente a partir de un mineral negro conocido como ilmenita.

Las tierras naturales fueron utilizadas por el hombre primitivo únicamente con fines decorativos, tal es el caso de los dibujos encontrados en cuevas y que probablemente constituyen la más antigua expresión artística.

En cuanto a los pigmentos sintéticos, se sabe que si bien los antiguos egipcios utilizaron una variedad de colores naturales, produjeron el primer pigmento sintético conocido como “azul egipcio”.

William H. Gardner clasificó a los pigmentos según fueron conocidos a lo largo de la historia (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los pigmentos

<i>Año</i>	<i>Pigmentos usados por primera vez</i>
Prehistoria	Pigmentos térreos naturales. Oxido de hierro rojo. Oxido de hierro amarillo. Yeso blanco. Negro de humo y huesos.
4000 a.c.	Malaquita verde natural. Azurita azul natural. Cinabrio rojo mineral.
2000 a.c.	Azul egipcio(primer pigmento sintético).
900 a.c.	Bermellón.
400 a.c.	Litgerio, minio, albayalde. Rojo rubia (Madder natural). Azul índigo natural.
1550	Cochineal.
1701	Azul Prusia.
1800	Amarillo de cromo.
1828	Azul ultramar.
1835	Oxido de zinc.
1850	Amarillo de zinc. Amarillo de cadmio.
1850	Malva Perkins.
1875	Rojo para.
1895	Rojo litol. Indigo sintético.
1905	Rojo Toluidina.
1910	Litopón.
1918	Pigmentos de titanio.
1935	Azul ftalocianina.



## OBTENCIÓN DE PIGMENTOS INORGÁNICOS

Los procedimientos para la obtención de pigmentos son muy variados, puede haber síntesis por vía húmeda, vía seca que incluye operaciones de disolución, precipitación, filtración, lavado, calcinación y molienda.

En general, las técnicas seguidas para la obtención de estos pigmentos son:

### I. *Pigmentos en frío*

- Reacción química en solución : precipitación del compuesto.
- Filtración y lavado.
- Secado al medio ambiente ó a 100°C.
- Molienda y tamizado (malla 325)

Ejemplo: amarillo de zinc, naranja de cromo, etc.

### II. *Pigmentos a temperatura media y alta*

- a. - Los pigmentos en frío son llevados a temperaturas de 900-1000°C.
- Lavado y secado a 100°C.
  - Molido y tamizado (malla 325).

Ejemplo: verde de cromo

- b. - Los pigmentos se obtienen a partir de mezclas de sales y/o óxidos.
- Molienda y calcinación hasta 1300°C.
  - Lavado, secado.
  - Tamizado (malla 325)

Ejemplo: azul ultramar

La figura 6 muestra los pigmentos sintetizados en el laboratorio de Análisis a Terceros de la PUCP.

Las sustancias empleadas como pigmentos deben cumplir con ciertos requisitos o propiedades físicas y estructurales, como por ejemplo:

- *tamaño de partícula*

Esta propiedad es muy importante porque afecta al poder cubriente, al brillo y a la tersura de la película en los recubrimientos de superficies.

Puesto que la mayoría de las partículas de los pigmentos son más o menos redondeadas, normalmente su tamaño se establece en función del diámetro medio, medido en micras.

El tamaño de las partículas de los pigmentos comerciales varía en una amplia escala cuyo límite superior está próximo a  $4,4\mu$  y pasan a través de la malla 325.

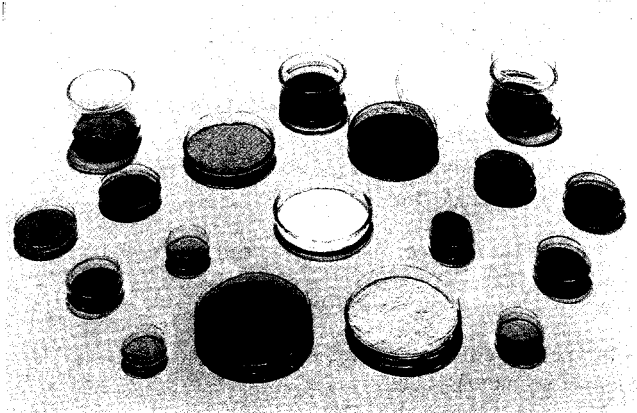


Fig. 6 Pigmentos obtenidos en la PUCP

- *debe ser insoluble en agua*
- *estabilidad*

- al calor: ciertos tipos de pigmentos se alteran con el calor durante la cocción, dando lugar a oscurecimiento, decoloración, pérdida de brillo, pérdida del poder cubriente y otros cambios que perjudican seriamente el aspecto de los acabados en los cuales se han utilizado.

El único método seguro para determinar si un pigmento es estable al calor en un acabado determinado y bajo condiciones específicas de cocción es realizar una prueba en las condiciones reales en que se va a usar.

- a la luz: muchos pigmentos se alteran en mayor o menor grado con la luz, produciéndose oscurecimientos, decoloraciones similares a las del calor. Hay que tener en cuenta también en qué concentración están presentes, ya que por ejemplo, los recubrimientos que contienen grandes proporciones de estos pigmentos en su pigmentación total, pueden

ser en la práctica suficientemente inalterables, pero los tonos pálidos que contienen pequeñas proporciones, se pueden decolorar rápidamente.

– *poder cubriente*

Esta propiedad se refiere a la capacidad de un pigmento para cubrir los sustratos cuando se incorpora a un medio adecuado y se extiende sobre la superficie en una película de grosor uniforme.

– *poder colorante*

Es la capacidad de un pigmento para variar la apariencia cromática de otro. El poder colorante de un pigmento aumenta al decrecer el tamaño de partículas.

Entre sus aplicaciones podemos decir que los pigmentos inorgánicos son grandemente usados en diversas industrias tales como: cerámica, pintura utilizada en arte (óleos, témperas y acuarelas), entre otros.

## BIBLIOGRAFIA

1. Norton, F. (1983) **Cerámica fina, tecnología y aplicaciones**. Ediciones Omega S.A, Barcelona.
2. Leach, R.H; Pierce , R. J. (1993) **The printing ink manual**. Ed. Chapman & Hall, London.
3. Singer, F.; Singer, S. (1979) **Enciclopedia de la química industrial**, tomo 9 “Cerámica Industrial” Vol. 1. Ediciones Urmo, Bilbao.
4. Turner, G.P.A. (1993) **Introduction to Paint Chemistry**. Ed. Chapman & Hall, London.
5. Giovannini, R. (1989) **La Serigrafía en la cerámica**. Ediciones Omega S.A, Barcelona.
6. Fleming, H. (1973) **Tecnología de pinturas**, tomo II. Ed. Blume, España.
7. Mayer, R. (1985) **Materiales y técnicas del arte**. Ed. Blume, España.
8. Doerner, M. (1982) **Los materiales de pintura y su empleo en el arte**. Ed. Reverté S.A., España.
9. Parker, D. (1979) **Enciclopedia de la química industrial**, tomo 7 “Tecnología de los recubrimientos de superficies”, Ediciones Urmo, Bilbao.
10. Basolo, F.; Johnson, R. (1980) **Química de los compuestos de coordinación**. Ed. Reverté S.A., España.
11. Rixner W.; Wegner G. (1985) **Química**. Ed. Descleé de Brouwer S.A., Bilbao.