



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACEUTICAS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÁNICA Y FISICOQUÍMICA**

**PIGMENTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS**  
**UTILIZADOS EN LAS INDUSTRIAS DE PINTURAS**  
**O RECUBRIMIENTOS Y DEL PLÁSTICO**

**DIRECTOR DE TESIS:**  
**JORGE MEDINA CASTRO**

**PROFESOR PATROCINANTE:**  
**SERGIO MUÑOZ NOTARI**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE QUÍMICO**  
**HECTOR ESPINOZA FERNÁNDEZ**

**SANTIAGO – CHILE**

**2008**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios, por el Don de la Vida y su permanente Amor de Padre, a María, Virgen y Madre que siempre me ha acompañado en mis 50 años de vida y me ha regalado esperanza y confianza en los planes que Dios tiene para Mi persona.

A mí amada esposa Maggie, por su Amor incondicional, por ser compañera y disfrutar nuestros buenos momentos, pero muy especialmente por su apoyo y compañía en los momentos difíciles, le agradezco su alegría, su esfuerzo y entusiasmo en la realización de nuestro proyecto matrimonial de casi 30 años de vida.

Ella ha sido, es y será mi pilar regalado por Dios para mi soporte y equilibrio.

Agradezco a nuestros 3 hijos, Cristian Andrés, María Francisca y Javier Ignacio, por su ayuda, su comprensión, su permanente cariño y muy especialmente por su esfuerzo, constancia y fidelidad en sus acciones y actividades. Ellos quizás sin darse cuenta, con sus permanentes buenas actitudes han sido una importante y necesaria motivación para terminar esta etapa profesional luego de tantos años.

Un especial agradecimiento a todos los fabricantes de materias primas extranjeros, que he conocido durante estos largos años de actividad profesional como proveedor de la Industria Química Chilena. De forma particular agradezco a todas las empresas y a las personas, muchos amigos técnicos y comerciales que durante casi 25 años de actividad profesional me han regalado su confianza, su experiencia y apoyo profesional.

Gracias Profesores Sr. Sergio Muñoz y Sr. Jorge Medina, por su permanente motivación y apoyo en la realización de este trabajo.

## **RESUMEN**

### **PIGMENTOS ORGANICOS E INORGANICOS UTILIZADOS EN LAS INDUSTRIAS DE PINTURAS O RECUBRIMIENTOS Y DEL PLASTICO.**

El presente trabajo ha sido pensado y desarrollado para presentar los distintos tipos de pigmentos normalmente utilizados en la industria, en especial, en la fabricación de productos plásticos y de pinturas o recubrimientos. Se definen sus características y propiedades y su principal diferencia con los colorantes.

Se definen conceptos básicos tales como el color y su percepción, la teoría del color y definición del Color Index (C.I.) o índice de Color, parámetro internacional que es una verdadera cédula de identidad de los pigmentos cualesquiera sea su tipo, que permite identificarlos en cualquier parte del mundo y encontrar contratipos químicos que luego deben ser evaluados en las distintas formulaciones a colorear.

Se presentan en detalle algunos de los diferentes tipos de pigmentos inorgánicos y orgánicos, que son de uso común y están disponibles en el mercado para las aplicaciones anteriormente descritas.

Se presentan detalles técnicos de los distintos pigmentos mencionados anteriormente, indicando sus estructuras químicas y propiedades.

## **SUMMARY**

### **ORGANIC AND INORGANIC PIGMENTS USED IN THE PAINT OR COATINGS AND PLASTIC INDUSTRIES.**

The present work introduces different types of inorganic and organic pigments normally used in the industry, especially in the coloration of plastics resins and paints or coatings.

It is also important to clarify the main difference between pigments and dyes and also to include the main characteristics and properties of pigments.

Some basic concepts are also introduced, e.g.: color perception and color theory and probably the main concept introduced is the Color Index number.

This parameter it is very important because allowed to find different countertypes or alternatives from several manufacturers around the world.

Related to organic and inorganic pigments, this work included details of the most common shades normally used in the industries mentioned above.

Their chemical structures and main characteristics are also mentioned.

## INDICE GENERAL

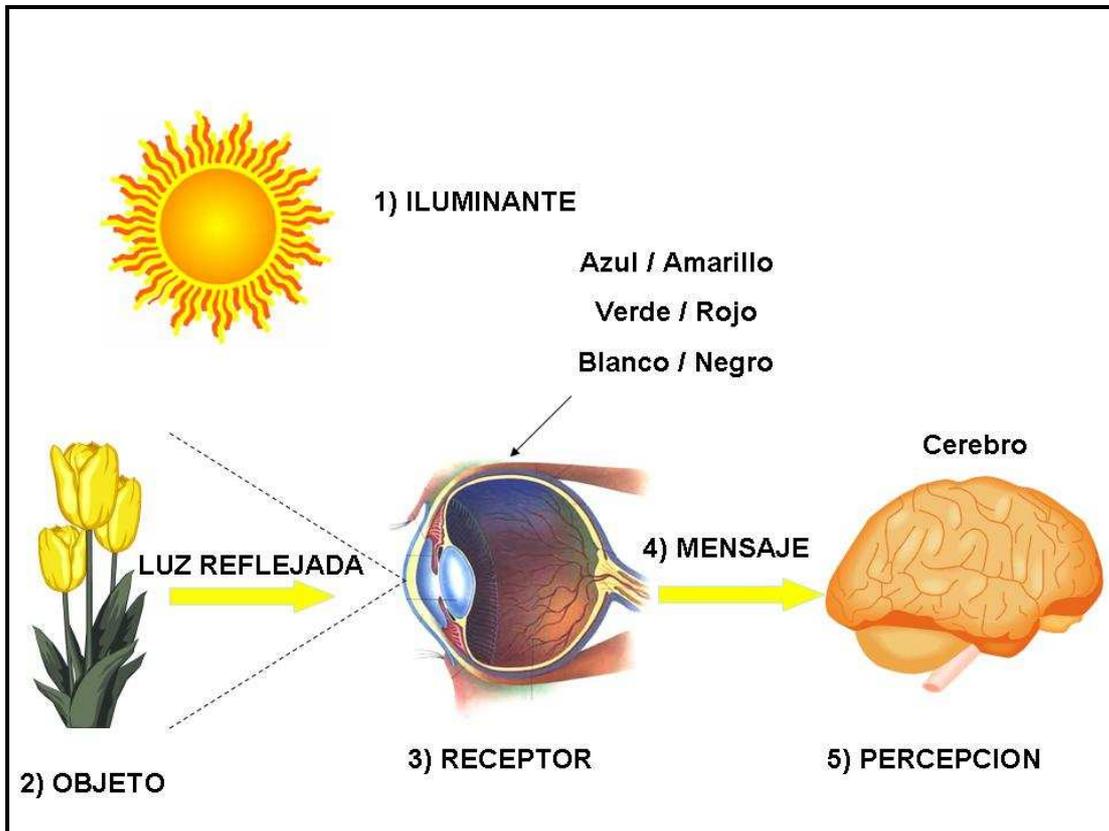
Agradecimientos	1
Resumen	2
Summary	3
Índice General	4
I.- Introducción	
1.1. Que es el Color	5 – 10
1.2. Significados del Color	11 – 12
1.3. Definición de Pigmento y Colorante	13 – 14
1.4. El Color en la Naturaleza	15
1.5. El Color en la Industria	16
II.- Índice de Color - Color Index (C.I.)	17 – 22
III.- Tipos de pigmentos utilizados en las Industrias de las Pinturas y Plásticos	
III.1. Pigmentos Inorgánicos	23 - 37
III.2. Pigmentos Orgánicos.	38 - 57
Bibliografía	58 - 61

## I.- INTRODUCCIÓN

**I.1.- ¿Qué es el Color?** (1): Esta pregunta, que parece sencilla, no se puede responder de manera simple, pues hay que recordar ciertas definiciones y precisar las nociones de luz y color, cuestiones que están íntimamente relacionadas.

*El color siempre depende de la luz porque sin luz no puede haber color.* En la vida cotidiana se habla de azul cielo, rojo ladrillo, amarillo limón, pardo chocolate, gris claro, etcétera, y por tanto se piensa en una sensación subjetiva.

La luz, es condición necesaria para la percepción del color, pero también puede influir en nuestro cerebro. Así, una luz solar radiante o la penumbra hacen aparecer los mismos colores en distintos matices. Una puerta pintada de verde no podrá ser diferenciada de otra pintada de rojo por un observador daltónico. También hay sustancias que no proporcionan ningún color por muy bien iluminadas que estén.



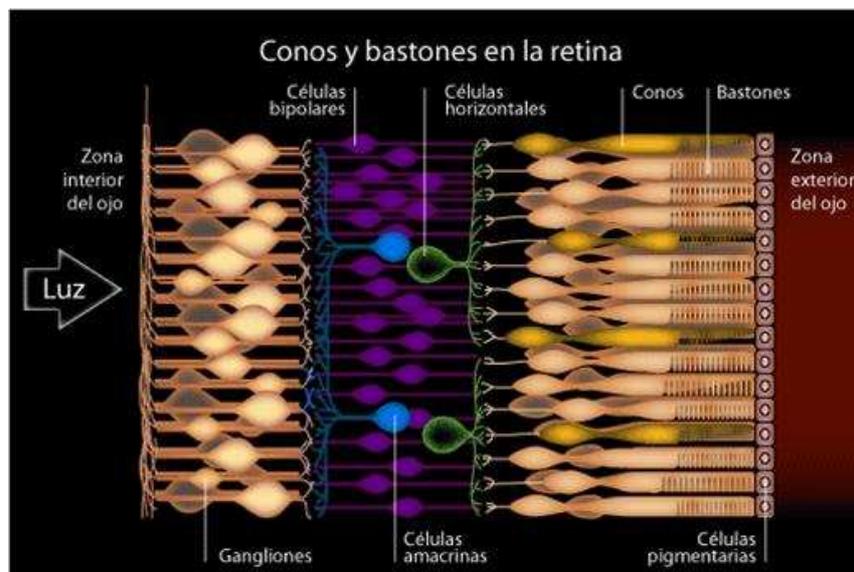
**Figura 1:** Esquema de la Percepción del Color

En el esquema que se muestra en la Figura 1, se aprecia que la percepción del color depende del efecto simultáneo de los siguientes factores:

- 1.- El iluminante o fuente luminosa con que se observa el objeto.
- 2.- El objeto, en especial su superficie y en concreto su curva espectral de remisión.
- 3.- El ojo del observador o receptor.

¿De qué depende la impresión de color que toma forma en nuestro cerebro a través de la retina? La luz que llega a nuestro ojo lo hace directamente a partir de un rayo luminoso (sol o lámpara) o indirectamente a partir de un objeto que refleja la luz que recibe.

En el primer caso hablamos del color de un rayo de luz primario; en el segundo, de un objeto no luminoso. En la Figura 2 se pueden observar las células visuales que contiene la retina del ojo humano, los *bastones* y los *conos*. (2)

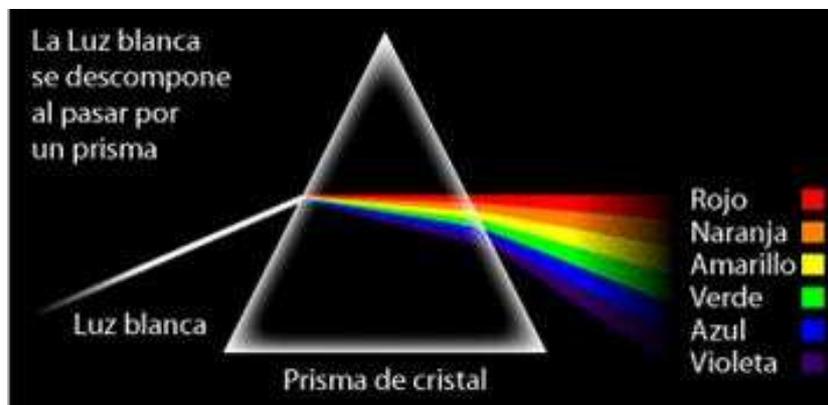


**Figura 2:** Conos y Bastones en la retina del Ojo Humano

Los *bastones* son extraordinariamente sensibles a la luz y reaccionan a débiles intensidades luminosas. Esta reacción por efecto de la luz es idéntica en todos ellos y su máxima excitación transmite al cerebro la impresión de blanco y la mínima excitación transmita al cerebro la impresión de negro. Entre ambos extremos están todas las impresiones de grises.

Los *conos*, son los receptores de color y existen tres tipos que son especialmente sensibles a las radiaciones luminosas azules, verdes y rojas. En la práctica, estas tres clases de conos se hallan estimuladas al mismo tiempo por la luz, es decir por una excitación cromática; sin embargo el ser humano puede registrar solo una impresión global de color. La luz que percibe nuestro ojo y que denominamos zona del visible, no es más que una pequeña parte del conjunto de ondas electromagnéticas, entre las que figuran las ondas de radio, los rayos X, los infrarrojos, las radiaciones ultravioleta, etcétera.

Lo concepción moderna del color nació con el descubrimiento de la naturaleza espectral que fue demostrado por Isaac Newton (1642-1519) quien estableció un principio hasta hoy aceptado: **LA LUZ ES COLOR**. En el año 1665, Newton descubrió que al hacer pasar un rayo de luz a través de un prisma, esta se dividía en varios colores conformando un espectro (3)



**Figura 3: Descomposición de la luz en un prisma (Isaac Newton 1665)**

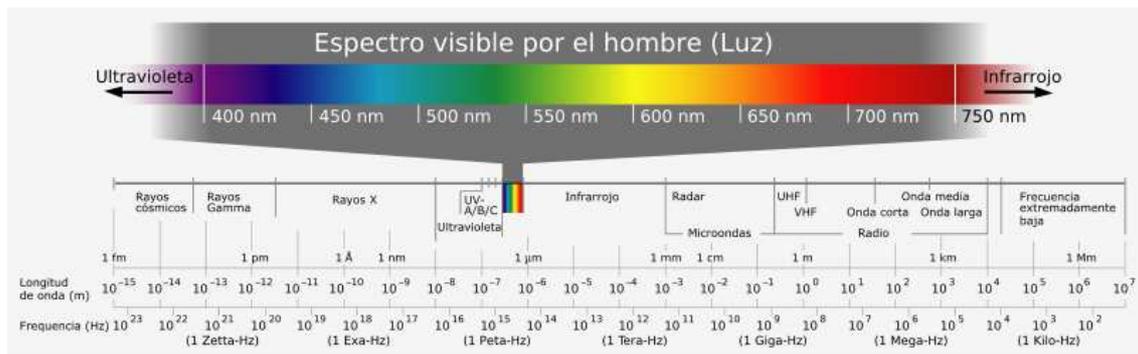
Newton creía que la luz era un flujo de ondas y sus experimentos con prismas de cristal demostraron que se podía fraccionar en varios colores individuales. Llegó a la conclusión de que las luces de distintos colores tenían diferentes grados de refracción; por ejemplo, la luz azul se desviaba más que la roja al pasar del aire a un medio con un índice de refracción mayor, como es el caso de un prisma de cristal.

Este fenómeno lo podemos contemplar con mucha frecuencia, cuando la luz se refracta en el borde de un cristal o de un plástico. También cuando llueve y hace sol, las gotas de agua de la lluvia realizan la misma operación que el prisma de Newton y descomponen la luz produciendo los colores del arco iris. Esta observación dio lugar al siguiente principio: *todos los cuerpos opacos al ser iluminados reflejan todos o parte de los componentes de la luz que reciben.*

Por lo tanto cuando vemos una superficie Roja, realmente estamos viendo una superficie de un material que contiene un pigmento el cual absorbe todas las ondas electromagnéticas que contiene la luz blanca con excepción de la Roja.

Contrariamente, los colores espectrales pueden transformarse nuevamente en luz blanca mediante una lente convexa, con lo que se demuestra que el color blanco es la suma de todos los colores. Nuestro ojo no puede diferenciar un rayo luminoso, compuesto de múltiples longitudes de onda, de otro monocromático, o sea, constituido por una sola longitud de onda. El ojo se limita a recoger una impresión de conjunto pues es un aparato integrador. El espectro visible, está integrado por diferentes longitudes de onda que van desde 380 hasta 750 nm. Según la longitud de onda dominante, la sensación de color será Violeta, Azul, Verde, Amarilla o Roja. Las ondas electromagnéticas que el ojo humano percibe son:

- Violeta : Longitud de onda entre 380-450 nm.
- Azul : Longitud de onda entre 450-500 nm.
- Verde : Longitud de onda entre 500-570 nm.
- Amarillo : Longitud de onda entre 570-590 nm.
- Naranja o Rojo Anaranjado : Longitud de onda entre 590-610 nm.
- Rojo o Rojo Púrpura : Longitud de onda entre 610-750 nm.



**Figura 4: Espectro Visible al Ojo Humano**

El ojo humano es capaz de evaluar pequeñas variaciones de matiz según sea la zona espectral. Así por ejemplo, puede diferenciar entre matices rojos y violetas y le resulta más difícil hacerlo entre amarillos. Este fenómeno es el que motiva a los coloristas a valorar la intensidad de un amarillo por la cantidad de azul que hay que añadir para obtener un verde determinado.

Por el contrario, la saturación de un color o pureza del mismo es más fácilmente evaluable en los amarillos y verdes, más difícil de evaluar en los rojos, y especialmente dificultosa en los matices violetas.

Un color lo podemos definir con los tres parámetros siguientes: **Tono**, que depende de la luz monocromática dominante (roja, azul, verde, etc.); **Saturación o pureza y Luminosidad**.

Los colores que poseen un solo tono se denominan cromáticos o monocromáticos. Por otra parte los colores acromáticos, como el blanco, el gris o el negro no poseen tono ni saturación, puesto que la saturación es el grado de cromaticidad. Un azul claro también llamado azul pastel, presenta una saturación inferior a un azul real.

Los colores puros del espectro son los de mayor saturación. Los colores neutros (blanco, gris y negro) no tienen tono y su saturación es nula.

La única propiedad que los diferencia es la luminosidad. Así, el negro ideal posee una luminosidad nula. Un objeto es negro si absorbe toda la luz visible que recibe y se le atribuye 0% de reflexión. En cambio el blanco perfecto, en el sentido físico del término, refleja totalmente la luz que recibe y se le atribuye el 100 % de reflexión; por tanto su luminosidad es 100.

Entre el blanco y el negro ideales encontramos todos los matices de gris, que se caracterizan por el hecho que reflejan uniformemente toda la luz incidente.

La luminosidad de estos grises se halla comprendida entre 0% y 100%, donde 0% corresponde al negro perfecto y 100% al blanco perfecto.

**I.2.- Significados del Color (4):** En nuestra sociedad el significado del color es muy variado, es así como en diferentes religiones el color ha sido reconocido por su potencia simbólica, en el mundo de la política diferentes colores han sido asociados a diferentes ideas ideológicas, en el diseño de páginas Web el uso del color es fundamental para que ésta tenga una personalidad y armonía propias, en la señalización del tránsito los colores verde y rojo son señales de libre tránsito y detención absoluta, en la seguridad industrial, en los escudos y banderas de las naciones, etcétera.

También es muy importante considerar que los colores nos provocan diferentes sensaciones y muchas veces no tenemos real conciencia de ellas, es así como los hemos ido asociando o identificando con muchas de las cosas que nos pasan diariamente.

Por ejemplo, el uso del color Blanco representa la pureza de las novias, el color Negro representa la viudez o el luto, el color Celeste o Amarillo que se asocia a los bebés masculinos, en cambio a las niñas las rodea el color Rosado, el color Rojo que representa el color de la sangre y la pasión, etcétera.

En varias actividades industriales el color tiene un significado muy importante de considerar. Por ejemplo, en la industria vitivinícola tanto las cepas tintas como las blancas son asociadas a un color definido, en las industrias del plástico y de las pinturas el uso del color ha sido, es y será fundamental en la comercialización exitosa de los distintos productos terminados que el ser humano utiliza para colorear su entorno.

La industria de los productos cosméticos, en especial el maquillaje, no existiría sin la presencia del color, en la industria textil, en la industria del cuero, en la industria de la madera, etcétera.

En los últimos tiempos en la producción de los combustibles, el uso del color ha sido asociado a una cierta *“característica ecológica”* de los mismos. En esta aplicación solamente se pueden utilizar *colorantes solubles* en estos combustibles para evitar que precipiten, lo que permite obtener combustibles coloreados transparentes y de buen aspecto. Al parecer, el uso de estos colorantes se trata principalmente de una estrategia de mercadeo (marketing). De hecho, algunas compañías han decidido no utilizarlos, pues aparte del aumento en el costo del combustible, consideran que no aportan características ecológicas o de rendimiento a los motores de los vehículos que los usarán. Eventualmente son contaminantes que pueden obstruir los inyectores de los motores. En Chile disponemos de gasolinas sin plomo de color Verde y Kerosén doméstico (parafina) de color Azul.

En el presente trabajo se profundizará sobre los distintos pigmentos que son utilizados para dar color a los substratos normalmente usados en la industria de las pinturas y plásticos, ya que ninguna de ellas habría podido sobrevivir a través de los tiempos sin el uso permanente de pigmentos que otorgan colores definidos, especiales y novedosos.

**I.3.- Definición de Pigmento y Colorante (5):** Materias colorantes se definen como sustancias de origen orgánico o mineral, que por su constitución química o por su estructura cristalina proporcionan color cuando son incorporadas a otros materiales, ya sea por dispersión o por disolución. Aún cuando hay materias colorantes de origen natural, la mayoría son obtenidas por síntesis.

Se dividen en dos grandes grupos: *los colorantes* y *los pigmentos*.

*Los colorantes* se definen como sustancias orgánicas intensamente coloreadas o fluorescentes, que son **directamente solubles** en disolventes o en los propios substratos usados en la industria, como por ejemplo las resinas plásticas. Los colorantes también son conocidos como anilinas, ya que son capaces de comunicar su propio color a otros materiales. Estos colorantes son retenidos en el substrato por absorción, retención mecánica, o por un enlace iónico o covalente. Son comúnmente utilizados en la industria textil, papel, cosméticos, combustibles, productos de aseo, etcétera.

En este trabajo profundizaremos especialmente sobre los distintos tipos de pigmentos inorgánicos y orgánicos existentes, por ello es importante considerar que *los pigmentos* son partículas sólidas de color que **son insolubles** en el medio a colorear y que apenas se ven afectadas física y químicamente por el soporte o sustrato sobre el que están depositadas. Su color es fruto de la absorción y/o difusión selectiva de la luz.

Los pigmentos conservan su estructura de partícula cristalina durante todo el proceso de fabricación. Los pigmentos pueden ser distinguidos de los colorantes principalmente por el método como se aplican más que por la constitución química o su composición.

En la fabricación de pinturas y recubrimientos, los pigmentos en polvo que se utilizan, normalmente tienen que ser dispersados en un vehículo líquido y para desarrollar todo su color son sometidos a un proceso de molienda. Por otra parte, cuando son utilizados para la coloración de resinas plásticas la característica de insolubilidad de los pigmentos es más bien una característica técnica que práctica, ya que algunos pigmentos que son insolubles en la mayoría de los polímeros plásticos, pueden ser parcialmente solubles en otros. Por ello ciertos autores prefieren centrar la diferencia entre colorantes y pigmentos en la forma como interactúan con la luz. Las propiedades básicas de los pigmentos son: la fuerza de coloración, el matiz (o color), la dispersabilidad y el poder cubriente. Además, existen otras propiedades que son muy importantes de considerar en la adecuada selección según su aplicación final. Las principales son su estabilidad a la luz solar, su estabilidad a la temperatura, resistencia a los distintos productos químicos, resistencia a la migración.

Estas propiedades asociadas a los distintos pigmentos disponibles, dependen tanto de su naturaleza química como de sus características físico-químicas, tales como: cristalización interna, distribución del tamaño de partícula, forma de la partícula y tratamiento superficial de la partícula de pigmento.

**I.4.- El color en la Naturaleza (6).** La presencia del color en la naturaleza, es sin duda una de las maravillas que podemos disfrutar en cada momento de nuestras vidas. La mayoría de estos hermosos colores que podemos observar, son producidos por distintos pigmentos naturales. Algunos de estos son los siguientes:

*La clorofila*, que es el pigmento fotorreceptor responsable de la primera etapa en la transformación de la energía de la luz solar en energía química y, consecuentemente, la molécula responsable de la existencia de vida superior en la Tierra. Es abundante en las zonas costeras y su presencia también es notable en las zonas templadas y polares de los océanos. En el campo de la Ciencia y la Tecnología de los Alimentos el interés fundamental de la clorofila está en el color que confiere a los vegetales verdes.

Los *carotenoides*, pigmentos naturales responsables de la gran mayoría de los colores rojos, anaranjados y amarillos presentes en los alimentos vegetales, y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales. Entre los carotenoides más conocidos podemos considerar  *$\beta$ -Caroteno*, que está presente en la zanahoria, **Licopeno** presente en el tomate, **Cantaxantina** presente en el hongo o seta *Cantharellus cinnabarinus*, **Astaxantina** el más común en los animales y principal responsable del color rosa de la carne del salmón o de la trucha,  **$\beta$ -Criptoxantina** predominante en las naranjas.

*La hemoglobina* (7), es una heteroproteína de la sangre, de color rojo característico, que en mamíferos, ovíparos y otros animales transporta el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta los tejidos. También tiene gran importancia en el cortejo animal y se observa en las nalgas, los órganos genitales y las caras de los babuinos.

También en la naturaleza la presencia del color en el camuflaje de plantas y animales cumple la función de engañar a los posibles depredadores y a las presas, por ejemplo, los dibujos que forman la pigmentación de muchas polillas y mariposas tropicales.

### **I.5.- El Color en la Industria**

En la industria, en especial en la industria de las Pinturas y de los Plásticos, desde el punto de vista del mercadeo es fundamental el uso de pigmentos que proporcionen colores y efectos atractivos a los distintos sustratos. Al ser usado en la industria de las pinturas y recubrimientos, el pigmento es un ingrediente que dará alguna(s) de las siguientes característica(s) al producto terminado: *dará color, producirá efectos especiales, como por ejemplo brillo, borrará colores aplicados previamente, mejorará la resistencia y adhesión de la capa de pintura, aumentará la protección contra la corrosión.*

En la industria del plástico el pigmento es un ingrediente que, como característica principal, *dará color y producirá efectos especiales a las distintas resinas utilizadas.*

Dependiendo de la resina plástica y del producto terminado a fabricar, la selección de un pigmento dependerá no solamente del color y efecto requeridos, sino también de sus resistencias a la temperatura, a la luz ultravioleta, a las condiciones de intemperie, a los agentes químicos tales como ácidos y bases.

## II.- Índice de Color - Color Index (C.I.)

Antes del desarrollo de los pigmentos sintéticos y de la refinación de las técnicas de extracción de los pigmentos minerales, era normal observar que diferentes lotes de producción de colores eran inconsistentes entre sí. Con el desarrollo de la moderna industria del color, tanto los fabricantes como los profesionales involucrados en el área, han cooperado para crear normas estándar de uso internacional que sean útiles para la identificación, producción, medición y análisis de los colores.

Es así como en el año 1905, el Sistema de Color Munsell (8), proporcionó métodos objetivos para la medición del color. El profesor Albert Münsell desarrolló un sistema mediante el cual se ubican de forma precisa los colores en un espacio tridimensional. Para ello define tres atributos en cada color.

**Matiz** (comúnmente le llamamos color): es la característica que nos permite diferenciar entre el rojo, el verde, el amarillo, etc. Existe un orden natural de los matices: rojo, amarillo, verde, azul, púrpura y se pueden mezclar con los colores adyacentes para obtener una variación continua de un color al otro. Por ejemplo mezclando el rojo y el amarillo en diferentes proporciones de uno y otro se obtienen diversos matices del anaranjado hasta llegar al amarillo. Lo mismo sucede con el amarillo y el verde, el verde y el azul, etc.

Albert Münsell define al color rojo, amarillo, verde, azul y púrpura como matices principales (colores primarios), y los ubicó en intervalos equidistantes conformando el círculo cromático. Luego introdujo cinco matices intermedios o colores secundarios.

Estos son:      amarillo – rojo                      verde – amarillo              azul – verde  
                    púrpura - azul                      rojo - púrpura.

**Valor:** este atributo define la claridad de cada color. Este valor se obtiene mezclando cada color con blanco o bien con negro y la escala varía de 0 (corresponde a negro puro) a 10 (corresponde a blanco puro).

**Intensidad:** es el grado de partida de un color a partir del color neutro del mismo valor. Los colores de baja intensidad son llamados débiles y los de máxima intensidad se denominan saturados o fuertes. Imagine un color gris al cual le va añadiendo amarillo y quitando gris hasta alcanzar un amarillo vivo, esto sería una variación en el aumento de intensidad de ese color. La variación de un mismo valor desde el neutro (llamado color débil) hasta su máxima expresión (color fuerte o intenso).

Hoy en día, muchos fabricantes de pinturas, tintas de impresión, plásticos, textiles y colores, han voluntariamente adoptado el *Índice de Color Internacional (Color Index)* (9) como el estándar para identificar los pigmentos y colorantes que usan normalmente. Este Color Index (C.I.), se debe entender como la cédula de identidad de un pigmento, que en la práctica define su composición química general y sus propiedades de rendimiento.

Se denomina Color Index a la obra editada por la Sociedad de Tintoreros y Coloristas del Reino Unido (*Society of Dyers and Colourists*) y la Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles de los Estados Unidos (*American Association of Textile Chemists and Colorists*). La primera publicación fue en el año 1925.

Esta obra contiene información técnica y comercial sobre la totalidad de los pigmentos y colorantes presentes en el mercado mundial, codificados y clasificados, a fin de proporcionar claridad en la variedad de nombres comerciales existentes. Con el fin de facilitar el acceso a la información, esta obra se divide en tres partes, contenidas en ocho volúmenes, en los que la información técnica y comercial se distribuye como sigue:

- *Volúmenes del 1 al 3 (1971)*: contienen información técnica de colorantes y pigmentos clasificados por aplicaciones, ordenados según el Color Index. Nombre Genérico.
- *Volumen 4 (1971)*: contiene información sobre constituciones químicas de los colorantes y pigmentos ordenados según el Color Index. Número de Constitución.
- *Volumen 5 (1987)*: Index computarizado que contiene los nombres comerciales de los colorantes y pigmentos de mayor uso, ordenados por Color Index. Nombre Genérico y alfabéticamente.
- *Volúmenes 6 (1976) y 7 (1982)*: contienen los suplementos a los volúmenes 1 a 4, con todos los datos publicados entre 1970-1974 (Vol. 6) y 1974-1980 (Vol. 7).
- *Volumen 8 (1978)*: información técnica de las materias colorantes incluidas en los suplementos publicados entre octubre de 1980 y julio de 1987.

**II.1. Nombre genérico (C.I.Generic Names).** Incluye información sobre tres conceptos:

- Indicación de la clase de materia colorante en relación con la aplicación. Por ejemplo, colorante ácido, colorante básico, pigmento, etcétera.
- Denominación del matiz o color. Por ejemplo, amarillo, rojo, azul, etcétera.
- Número, dado cronológicamente por orden de inscripción.

Ejemplos de C. I. Nombre Genérico son los siguientes: Pigment Yellow 13, Solvent Red 135, Pigment Blue 60

**II.2. Número de Constitución (C.I. Constitution Numbers).** Tal como se indica en la Tabla I, se trata de un número de cinco dígitos entre el 10 000 y el 78000, subdivididos en 30 grupos químicos.

<b>ESTRUCTURA</b>	<b>RANGO</b>	<b>CATEGORIA</b>
Nitroso	10000-10299	
Nitro	10300-10999	
Monoazo	11000-19999	<u>Category:Azo dyes</u>
Diazo	20000-29999	<u>Category:Azo dyes</u>
Stilbene	40000-40799	
Diarylmethane	41000-41999	<u>Category:Diarylmethane dyes</u>
Triarylmethane	42000-44999	<u>Category:Triarylmethane dyes</u>
Xanthene	45000-45999	
Acridine	46000-46999	<u>Category:Acridine dyes</u>
Quinoline	47000-47999	<u>Category:Quinoline dyes</u>
Methine	48000-48999	
Thiazole	49000-49399	<u>Category:Thiazole dyes</u>
Indamine	49400-49699	
Indophenol	49700-49999	<u>Category:Indophenol dyes</u>
Azine	50000-50999	<u>Category:Azin dyes</u>
Oxazine	51000-51999	<u>Category:Oxazin dyes</u>
Thiazine	52000-52999	<u>Category:Thiazin dyes</u>
Aminoketone	56000-56999	
Anthraquinone	58000-72999	<u>Category:Anthraquinone dyes</u>
Indigoid	73000-73999	
Phthalocyanine	74000-74999	<u>Category:Phthalocyanines</u>
Inorganic pigments	77000-77999	<u>Category:Inorganic pigments</u>

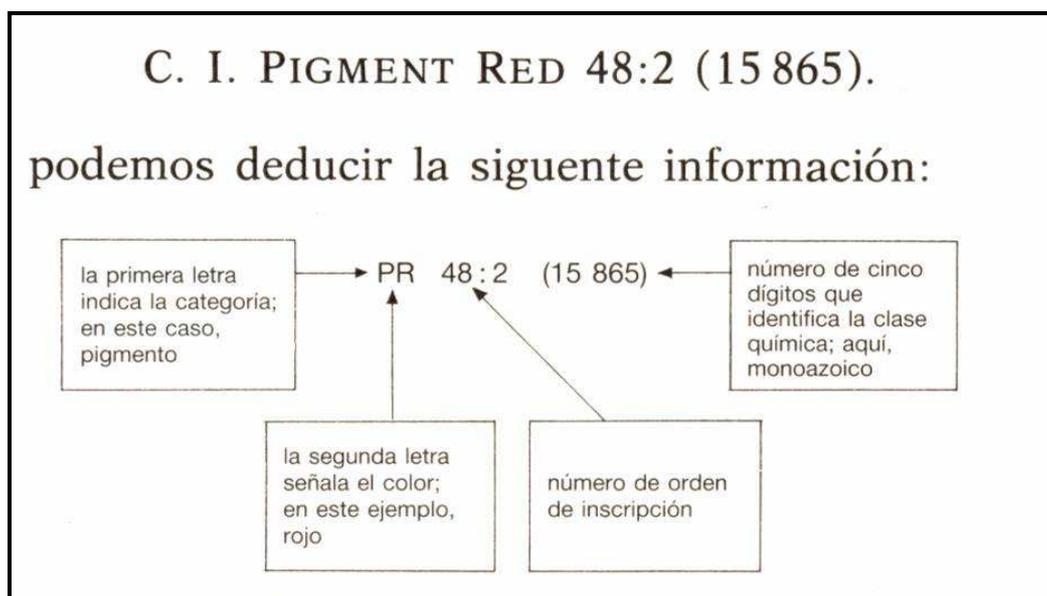
**Tabla I: Números de Constitución**

Estos números de constitución conducen a la composición química y otras indicaciones sobre patentes, literatura, etc. A veces el fabricante de la materia colorante en cuestión no facilita la composición química, en cuyo caso sólo se registra el nombre genérico.

El Color Index permite encontrar rápidamente información concerniente a la aplicación, composición química y resistencias generales de las materias colorantes inscritas.

En principio, y con las reservas necesarias, dos pigmentos con igual denominación «genérica» y «número de constitución» pueden considerarse contratipos.

No obstante, en el campo de los pigmentos, al lado de la composición química tenemos las características físicas de sus partículas (cristalográficas, ópticas, tratamientos de superficie, etc.), que juegan un papel muy importante, dándose el caso de que pigmentos con igual nombre genérico y número de constitución se comportan de forma diferente en un determinado sustrato. A continuación en la Figura 5, se presenta un ejemplo completo de identificación de un pigmento en el Color Index:



**Figura 5: Ejemplo de Identificación de un Pigmento en el Color Index**

En el ejemplo presentado, se trata de un pigmento rojo del grupo 2B-toner, el cual existe en forma de distintas sales, según sea el metal utilizado. En este caso se incorpora una segunda cifra al lado del número de orden.

Así tenemos:

**Pigment Red 48:1    Sal de bario            15865:1**

**Pigment Red 48:2    Sal de calcio            15865:2**

**Pigment Red 48:3    Sal de estroncio        15865:3**

**Pigment Red 48:4    Sal de manganeso      15865:4**

En otros casos el pigmento inscrito existe en diferentes formas cristalinas, como sucede con los pigmentos Azules de ftalocianina. (Ver tabla II).

<i>Forma</i>	<i>Nombre genérico</i>	<i>Número de Constitución</i>
<b>Forma alfa</b>	<b>Pigment Blue 15</b>	<b>74160</b>
<b>Forma alfa estabilizada</b>	<b>Pigment Blue 15:1</b>	<b>74160</b>
<b>Forma alfa estabilizada</b>	<b>Pigment Blue 15:2</b>	<b>74160</b>
<b>Forma beta</b>	<b>Pigment Blue 15:3</b>	<b>74160</b>
<b>Forma beta no floculante</b>	<b>Pigment Blue 15:4</b>	<b>74160</b>

**Tabla II: Formas Cristalinas de los Pigmentos Azul Ftalocianina**

La forma Pigment Blue 15:4 es muy recomendada en la fabricación de pinturas para recubrimiento de piscinas, pues tiene una alta resistencia al cloro.

### **III.- Tipos de pigmentos utilizados en las Industrias de las Pinturas y Plásticos.**

En las industrias del plástico y de las pinturas, se conocen dos grandes familias de pigmentos. Estos son los siguientes:

#### **III.1.- Pigmentos Inorgánicos**

#### **III.2.- Pigmentos Orgánicos**

Adicionalmente hay que incluir los llamados pigmentos de efecto, fluorescentes, perlescentes, fosforescentes y metálicos, que no serán analizados en este trabajo.

#### **III.1.- Pigmentos Inorgánicos (10)**

Los pigmentos inorgánicos se denominan también como pigmentos minerales pues algunos se hallan en la naturaleza. Generalmente se trata de compuestos metálicos que se obtienen por tres sistemas diferentes:

- Precipitación y Secado: Amarillos de cromo, Naranjas de cromo y de molibdato.
- Precipitación, Secado y Calcinación: Pigmentos de cadmio, Azul de ultramar.
- Calcinación de mezcla de óxidos: Titanato de níquel.

En relación a sus características, es difícil generalizar, porque éstas difieren de uno a otro y están ligadas al sistema de obtención. Los pigmentos obtenidos a altas temperaturas presentan una mayor estabilidad al calor y mejor solidez a la intemperie.

La gama de colores disponibles va desde matices mas bien apagados, asociados a los óxidos de hierro, hasta los naranjas y rojos brillantes representados por los pigmentos de cadmio.

En general, comparados con los pigmentos orgánicos, esta clase de pigmentos tiene una fuerza colorante inferior y una mayor toxicidad por su característica metálica. En especial son muy cuestionados los Amarillos de cromo y los Naranjas de molibdeno por tener plomo y cromo en su composición.

Algunos de los Pigmentos Inorgánicos más utilizados en las industrias de las Pinturas y Plásticos a los que haremos mención en este trabajo, son los siguientes:

- **Pigmentos Dióxidos de Titanio**
- **Pigmentos Óxidos de hierro (naturales y sintéticos)**
- **Pigmentos Cromatos y Molibdatos de Plomo (Amarillos de cromo y Naranjas de molibdeno)**
- **Pigmentos de Ultramar (Azul, Violeta y Rosado)**
- **Pigmentos Negros de Humo**

Otros de menor uso que no serán analizados en este trabajo, son los Pigmentos a base de Cadmio (Amarillo, Rojos), Pigmento Azul de Hierro (Azul de Prusia), Pigmento Violeta de Manganeso, Pigmento Verde Oxido de Cromo. Dentro de esta familia de pigmentos inorgánicos, también se deben incluir los llamados pigmentos de efecto, tales como, Metálicos (bronces en polvo o purpurinas y aluminios), Fosforescentes, Fluorescentes, Perlados o Perlescentes).

**Pigmentos Dióxidos de Titanio** (11): Este tipo de pigmento inorgánico es sin duda el más importante y de mayor uso en la industria y muy especialmente en la coloración de pinturas y plásticos. También se le conoce como blanco de titanio y se encuentra clasificado en el **Color Index** como **Pigment White 6 - 77891**. Sus principales características son: excelente opacidad, alto rendimiento y blancura, estabilidad química y térmica y excelente solidez a la luz.

En su fabricación se utilizan dos procesos, el clásico denominado método del sulfato que utiliza ácido sulfúrico, y el más reciente conocido como método del cloruro que usa ácido clorhídrico. La materia prima utilizada para su fabricación es el mineral de ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ), de color negro, que contiene 47,34% de FeO y 52,66% de  $\text{TiO}_2$ .

En el proceso del sulfato, este mineral de ilmenita es molido y luego es disuelto en ácido sulfúrico en caliente, con lo cual se forma el sulfato de titanio, que sufre una ebullición que lo hidroliza, pasando a óxido de titanio hidratado. Por calcinación alrededor de 1000 °C se transforma en dióxido de titanio.

El procedimiento del cloruro difiere del anterior en que se utiliza el mineral de rutilo natural de color entre amarillo y gris oscuro, insoluble en ácido sulfúrico. Este mineral se encuentra en los llamados depósitos de placer, que son los compuestos depositados en las playas. El mineral de rutilo natural se muele y luego se hace reaccionar con ácido clorhídrico, para obtener el tetracloruro de titanio, este se purifica por destilación y luego se oxida, con lo cual se obtiene el dióxido de titanio.

Los tipos de dióxidos de titanio recomendados para ser usados en la coloración de pinturas y plásticos, obtenidos por cualquiera de los dos sistemas mencionados, suelen someterse a un postratamiento de la superficie de la partícula con combinaciones inorgánicas (aluminio, silicio, etc.). Con ello se mejora su dispersabilidad, la resistencia a la intemperie y la opacidad. En la práctica, la calidad del dióxido de titanio obtenida por el procedimiento cloruro es de mayor pureza y blancura. El dióxido de titanio se comercializa bajo dos formas cristalinas: anatase y rutilo.

El rutilo es de estructura cristalina tetragonal, más compacta que el tipo anatase de estructura octahédrica. Esto explica importantes diferencias entre las propiedades físico-químicas de ambas formas cristalinas.

La estructura anatase es de textura más blanda y de una mayor blancura, es decir, de matiz azulado y algo menos cubriente. Contrariamente, el tipo rutilo es de textura más dura y algo más amarillento, pero con mayor solidez a la luz y a la intemperie, y proporciona una mayor opacidad. También hay que destacar su estabilidad química y térmica. El dióxido de titanio se emplea para la obtención de pinturas y plásticos blancos opacos o para conseguir matices opacos en combinación con pigmentos orgánicos, así como tonos pastel, tales como Rosa, Salmón, Cielo, Marfil, Ocre, Gris. Considerando que el poder opacificante es una de las características del dióxido de titanio rutilo, hay que mencionar que la opacidad que un pigmento confiere a un substrato en que cual está disperso, viene dada por la diferencia entre los índices de refracción del pigmento y del medio y es tanto mayor cuanto más grande sea esta diferencia.

Su alto índice de refracción superado por muy pocos materiales, hace que el dióxido de titanio sea utilizado a bajas dosis manteniendo sus propiedades técnicas.

En general, los distintos fabricantes disponibles satisfacen las instrucciones indicadas en la Norma 92/112/CEE (12), del 15 de Diciembre de 1992 por la que se fija el régimen de armonización de los programas de reducción, con vistas a la supresión de la contaminación producida por los residuos de la industria del dióxido de titanio.

El dióxido de titanio es químicamente inerte e insoluble en disolventes orgánicos y acuosos. Para su análisis es necesario disgregarlo. Para ello se debe utilizar ácido sulfúrico o fluorhídrico caliente a altas concentraciones, o masas fundidas ácidas o alcalinas.

El pigmento dióxido de titanio se produce y utiliza desde hace más de 90 años y hasta ahora no se conocen daños crónicos ni agudos debidos a este pigmento. En la Regla Técnica Alemana para substancias peligrosas TRGS 900 (13) se ha definido para el dióxido de titanio una concentración máxima admisible en el aire que rodea un puesto de trabajo de 3 mg/ m<sup>3</sup> (concentración de polvo fino). Si se observa este límite, no se deben esperar efectos patológicos, como por ejemplo: mutagénicos, cancerígenos, fibrógenos, tóxicos o alérgicos. En un estudio realizado por la OMS, se determinó que el dióxido de titanio aspirado en las vías respiratorias presenta un comportamiento inerte. Además, los estudios realizados por el U.S.National Cancer Institute, han confirmado que el dióxido de titanio no es carcinógeno.

**Pigmentos Óxidos de Hierro** (14): El *Oxido de Hierro Natural* es un producto que se formó hace millones de años cuando, a causa de los distintos movimientos sufridos por la tierra, el hierro pobre incandescente procedente del interior de la tierra, salió hacia fuera quedando aprisionado entre varias capas de piedra, entre las cuales se fue enfriando adquiriendo así las distintas tonalidades que varían según ese enfriamiento desde tonalidades amarillentas u ocres, hasta tonalidades negras, pasando entre tanto por diferentes tonalidades rojas, marrones y anaranjadas según la naturaleza del mineral. Se extrae de minas que, o bien se explotan a cielo abierto como si fuese una cantera, o bien desde el interior abriendo cavidades sobre el filón. Luego, y a través de un proceso de selección y clasificación, pasa a la fase de molienda y envasado. A partir de ahí ya está listo para su comercialización en los distintos mercados industriales donde son utilizados. Los pigmentos óxidos de hierro naturales son popularmente conocidos como “*Tierras de Color*”.

El *Oxido de Hierro Sintético* se crea por la reacción química que se produce al añadir determinados ácidos a la chatarra, sometida a ciertas temperaturas y presión. Se crea una pasta que obtendrá una u otra tonalidad dependiendo del ácido y la temperatura empleada. Luego se seca, se muele y se envasa para su posterior comercialización.

Desde el punto de vista industrial es importante notar que el Oxido de Hierro Sintético tiene más poder de pigmentación que el Oxido de Hierro Natural, pero no por ello se puede decir que éste tiene menos calidad, ya que posee un alto poder antioxidante, por lo que ha sido usado desde hace muchos años en la fabricación de pinturas antioxidantes y anticorrosivos.

Los Óxidos de Hierro Sintéticos son mas difíciles de producir, ya que es difícil controlar bien la reacción química a la cual hay que someter el hierro y los ácidos, pues de no ser así nos puede llevar a producir una pintura oxidante en vez de una pintura antioxidante, que es lo que buscamos. Los diferentes fabricantes aplican exigentes controles de calidad de producción, con lo cual se pueden obtener los óptimos resultados en estas reacciones químicas. Ya sean de origen natural o sintético, estos pigmentos pueden ser utilizados, entre otras, en los siguientes tipos de industrias.-

- Industria del cemento. Se usa para pigmentar o colorear cualquier tipo de cementos y morteros utilizados en pavimentos, terrazas, tejas, bloques, estucos.
- Industria de las Pinturas. Se usa en recubrimientos impermeabilizantes y anticorrosivos, esmaltes, pinturas de decoración, etc.
- Industria de Plásticos. Se usa en la fabricación de concentrados de color o Masterbatch, coloración de resina PVC y compuestos de caucho, etc.
- Otras industrias donde también son ampliamente utilizados son: Fundición, Cerámica, Abrasivos, Comida para animales, Cosméticos, Caucho, Asfalto, etc.

Los colores proporcionados por los Óxidos de Hierro Naturales y Sintéticos, son diferentes gamas de Amarillos, Rojos y Negros. El Índice de color que los identifica es:

**Óxidos de hierro Rojo : Pigmento Red 101 ó 102 – 77491**

**Óxidos de hierro Amarillo : Pigment Yellow 42 ó 43 - 77492**

**Óxidos de Hierro Negro : Pigment Black 11 – 77499**

En general los Óxidos de Hierro pertenecen a la familia química Oxido de metales y su fórmula general es:  $Fe_3O_4$

**Pigmentos Cromatos v Molibdatos de Plomo** (15): Químicamente los pigmentos amarillos de cromo son cromatos de plomo puros o cristales mixtos de cromato y sulfato de plomo. El índice de color que los caracteriza internacionalmente, es **Pigment Yellow 34 – 77603**. Obedecen a la estructura química “ co-precipitado de sulfato de plomo y cromato de plomo ” y su fórmula general es  $Pb(Cr,S)O_4$ .

Existen 3 distintas tonalidades que obedecen al mismo índice de color, estas son:

- **Amarillo de Cromo medio (Tonalidad Rojiza)**
- **Amarillo de Cromo Limón**
- **Amarillo de Cromo Primrose (Tonalidad Verdosa)**

Los pigmentos naranjas o rojos de molibdeno son cristales mixtos de cromato, sulfato y molibdato de plomo. El índice de color que los caracteriza internacionalmente es: **Pigment Red 104 – 77605**. Obedecen a la estructura química “ co-precipitado de sulfato de plomo, cromato de plomo y molibdato de plomo ” y su fórmula general es  $Pb(Cr,S,Mo)O_4$ .

En el caso de los pigmentos Naranjas de Molibdato, el tono más utilizado en la industria es el tono amarillento, pero también existen pigmentos con tonalidad azulina.

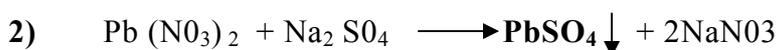
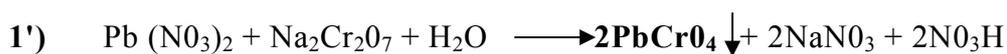
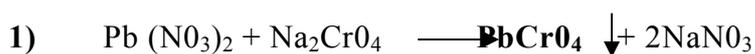
Para obtener una gama de tonalidades se recurre a las siguientes propiedades inherentes a los cromatos de plomo: el trimorfismo; la posibilidad de formar cristales mixtos con sulfato y/o molibdato de plomo; las solubilidades del cromato, sulfato y molibdato de plomo.

El cromato de plomo es conocido en tres formas cristalinas:

- **Sistema monoclinico (estable)**, de color amarillo rojizo, que es la única variedad estable a la temperatura ambiente. Para obtener las otras variedades es preciso estabilizar con sulfato o molibdato de plomo. Una mezcla de cristales de cromato y sulfato de plomo es estable en el sistema ortorrómbico cuando el contenido en sulfato es superior al 40 %.
- **Sistema ortorrómbico (inestable)**, de color amarillo verdoso que está constituido por pequeños cristales isométricos, de colores amarillo verdoso y transparentes. La fuerza colorante es ligeramente superior a la forma cristalina monoclinica. Su solidez a la luz es moderada (5 en la escala azul) y la resistencia al calor se sitúa entre los 100 y 140 °C, dependiendo de la cantidad de sulfato de plomo y de la mezcla de cristales. Mezclas en seco de amarillo de cromo ortorrómbico y monoclinico pueden presentar una cierta inestabilidad de la forma ortorrómbica que en presencia de humedad puede pasar a la estructura monoclinica.
- **Sistema tetragonal (inestable)**, de color rojo. En esta forma, la incorporación teórica requiere un mínimo del 5 % de molibdato de plomo

**Cromatos de plomo, monoclinicos:** Formados por cristales, en forma de agujas (aciculares) de color amarillo rojizo, y más opacos y con menor fuerza colorante que los cromatos ortorrómbicos, pero con mayor solidez a la luz. La relación de la mezcla de cristales de cromato y sulfato de plomo determina las variaciones en el matiz. En el caso de los amarillos se sitúa entre un 20-25% de sulfato de plomo, mientras que los amarillos rojizos contienen un 100% de cromato de plomo.

Los pigmentos Amarillos de Cromo, se obtienen mediante la mezcla de nitrato de plomo  $[Pb (NO_3)_2]$  y cromato sódico  $[Na_2CrO_4]$ , o solución de dicromato sódico  $[Na_2Cr_2O_7]$ . El cromato de plomo  $[PbCrO_4]$  es insoluble en agua y precipita inmediatamente. Las reacciones químicas descritas son las siguientes:



- **PbCrO<sub>4</sub>**: Cromato de plomo, Color Amarillo
- **PbSO<sub>4</sub>**: Sulfato de plomo, Color Blanco
- **PbMoO<sub>4</sub>**: Molibdato de plomo, Color Anaranjado / Rojo

**Obtención de anaranjados y rojos de molibdeno:** Para la obtención de los pigmentos anaranjados y rojos de molibdeno se parte de una solución de nitrato de plomo y otra de cromato, sulfato y molibdato sódicos. Tan pronto como las soluciones entran en contacto, el cromato de plomo (ecuación 1), sulfato de plomo (ecuación 2) y molibdato de plomo (ecuación 3) precipitan conjuntamente proporcionando cristales mixtos en forma tetragonal. La solubilidad de los componentes de la mezcla de cristales puede ser modificada por medio del pH y/o el exceso de iones comunes. En este sentido, un control del grado de cristalización puede llevar a diferencias en la dimensión de las partículas y en la distribución del tamaño de las mismas. Las partículas pequeñas son de un color rojo anaranjado y las de mayor tamaño son de color rojo azulado. Mediante tratamientos de superficie con óxidos metálicos se consiguen mejoras importantes en solidez a la luz, a las atmósferas industriales y al calor.

**Propiedades de los pigmentos de cromo:** Los cromatos y molibdatos de plomo como pigmentos inorgánicos son insolubles en los disolventes orgánicos y por tanto no migran ni sangran. En general presentan de una pequeña a moderada resistencia a álcalis y ácidos. La resistencia térmica es de 200 a 240 °C, pero, para aumentar esta resistencia, existen algunos tipos especiales que han sido tratados con anhídrido silícico (20%), con lo cual se consigue mayor solidez al calor, con resistencias hasta 260 - 280 °C.

Las exposiciones prolongadas a la luz ejercen efectos negativos sobre el matiz, que cambia a verdoso y más sucio, motivado por una foto reducción del cromato de plomo, como se muestra en la siguiente ecuación.



La resistencia a la luz en tono pastel (mezcla con  $\text{TiO}_2$ ), es mejor que a tono lleno, contrariamente a lo que ocurre con la mayoría de los pigmentos orgánicos. Los cromatos de plomo son sensibles al azufre contenido en los gases y las atmósferas que tienen anhídridos sulfurosos decoloran estos pigmentos. Probablemente el cromato de plomo se convierta poco a poco en sulfato de plomo. Sometidos a una atmósfera de sulfhídrico ennegrecen debido a la formación de sulfuro de plomo.

Un requerimiento que crece en importancia es un bajo contenido en plomo soluble en ácido clorhídrico 0,07 N (simulación del jugo gástrico). La mayoría de los amarillos, y los anaranjados de molibdeno, se suministran con contenidos en plomo soluble inferiores al 3%, expresados en plomo. Únicamente los amarillos a base de sulfocromatos de plomo no cumplen este requerimiento debido a la relativamente alta cantidad de sulfato de plomo presente en esta mezcla de cristales.

Comercialmente varios proveedores ofrecen pigmentos Amarillos de cromo y Naranjas de molibdato que cumplen las siguientes características (16)

**Standard.** Son pigmentos con un tratamiento de superficie para obtener una buena estabilidad a la luz. Se utilizan en fabricación de pinturas y en plásticos.

**De fácil dispersión.** Son pigmentos tratados para conseguir una fácil dispersión en el substrato y un alto brillo. Son recomendados para uso en pinturas.

**Con resistencia media alta a la luz, SO<sub>2</sub> y a la temperatura.** Son pigmentos amarillos de cromo con alta estabilidad a la luz y a la temperatura (260 - 280 ° C).

Se recomiendan para ser usados en fabricación de pinturas industriales y en plásticos.

**Con resistencia al SO<sub>2</sub>.** Se ofrecen pigmentos amarillos de cromo y naranjas de molibdatos con revestimiento específico para obtener una excelente estabilidad a la intemperie y al SO<sub>2</sub>.

**Con alta resistencia al calor:** Pigmentos amarillos de cromo y naranjas de molibdatos con revestimiento especial para conseguir una elevada resistencia térmica ( $\pm 320$  ° C).

**Pigmentos de Ultramar** (17): Dentro de este grupo de pigmentos inorgánicos el más común es el Azul de Ultramar, pero también existen en color Violeta y Rosado.

El Azul de ultramar es un pigmento mineral inorgánico cuyo color ha sido clasificado internacionalmente con el Índice de Color **Pigment Blue 29 - 77007**.

Químicamente es un sílico-aluminato de sodio polisulfurado. Su fórmula es Na<sub>6</sub>Al<sub>6</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>24</sub> (NaS)<sub>n</sub>, donde n = 2 – 4. Este pigmento se fabrica mediante proceso de combustión a 800 °C.

El Violeta de Ultramar es un pigmento mineral inorgánico cuyo color ha sido clasificado en el Índice de Color con la referencia **Pigmento Violeta 15 - 77007**. Tiene una tonalidad violácea específica muy apreciada por su limpieza de tono en determinadas aplicaciones, tales como, colores para artistas y productos cosméticos.

El Rosa de Ultramar es un pigmento de muy bajo consumo en la industria, su color ha sido clasificado en el Índice de Color genérico **Pigment Red 259**

Las propiedades del Violeta y Rosa Ultramar, son idénticas a las del Azul Ultramar, con algunas variaciones respecto al poder de coloración, resistencia a la temperatura y los ácidos. Sus principales características son las siguientes: (18)

- Se consideran pigmentos no tóxicos, de uso seguro tanto en el procesado como en su aplicación final. Están aprobados por las legislaciones internacionales más exigentes (USA, Europa, Japón) para usos donde la seguridad sea un requisito indispensable, por ejemplo en embalaje alimentario, juguetes, cosmética.
- Tienen una excelente resistencia a la temperatura ( $\pm 350$  °C), resistencia a la luz ultravioleta y a la intemperie.
- Tienen una óptima dispersabilidad y no migran
- Excelente resistencia a los álcalis y existen calidades estabilizadas que permiten su uso en medios ácidos.
- Se les conoce como pigmentos “Amigos del Medio Ambiente”. El reciclaje sin restricción de polímeros coloreados con pigmentos de ultramar está permitido en todos los casos, incluso en los casos de las dosificaciones más altas.
- Son excelentes correctores de blancos y neutralizantes de tonos amarillentos.
- No dan lugar a metamerismo (diferencias de color según el iluminante), lo cual es un importante valor añadido.

Principales campos de aplicación de este tipo de pigmentos son Plásticos y Cauchos, Pinturas y Recubrimientos, Cemento y Materiales para Construcción, Jabones y Detergentes, Productos para Cuidado Personal y Cosméticos, Colores para Artistas, Tintas de impresión, Papel.

**Pigmentos Negros de Humo** (19): Los pigmentos de negro de humo han sido clasificados internacionalmente con el Índice de Color **Pigment Black 7 – 77265**. Se fabrican mediante la disociación termo-oxidativa de aceites o gases aromáticos, por ejemplo el negro de horno o el negro de gas.

Los pigmentos de negro de humo sirven sobre todo para la fabricación de tintas de imprenta, para la coloración de pinturas en especial de uso automotriz, plásticos, fibras, dispersiones, papel, cartones y también materiales para la construcción.

En virtud de sus propiedades eléctricas, los hollines industriales especiales sirven para aplicaciones en que interesa un comportamiento antiestático; además permiten ajustar en objetos de plástico o caucho una conductividad eléctrica definida.

Según el proceso de fabricación (20), se obtienen diferentes calidades de negro de humo. La elección debe realizarse en función de las siguientes propiedades: el matiz, la fuerza colorante, la dimensión de las partículas, su superficie específica.

Su estabilidad química y a la luz es inherente al pigmento y no debe ser motivo de preocupación.. Su poder colorante aumenta, dentro de ciertos límites, cuando la dimensión de las partículas disminuye. Esto se explica por el aumento de la superficie desarrollada, que reduce así el valor de la reflectancia de la dispersión.

El poder cubriente, que determina la eficacia del pigmento aplicado en capas delgadas, está en relación directa con la fuerza colorante.

Los matices de los negros de carbón o de humo dependen también del mencionado tamaño de partículas. Los denominados canal, de partícula muy fina, presentan un negro intenso pero de matiz parduzco. Contrariamente, los de partícula más gruesa, como los tipo horno, poseen un matiz más azulado.

Debido a la gran superficie que presentan los pigmentos de negro de humo, superior a la de muchos pigmentos orgánicos, es difícil su dispersión y se recomienda utilizarlos en forma de concentrado o masterbatch.

El Negro de Humo es normalmente utilizado como pigmento y carga reforzante para productos de plásticos y caucho. Aproximadamente el 70% de la producción mundial se usa en la fabricación de neumáticos. Este producto también ayuda en la conducción de calor en el neumático, reduciendo el daño térmico y aumentando su vida media.

La producción mundial total de Negro de Humo en el año 2006 fue de 80.000 toneladas. Aproximadamente el 20% de esta producción, considera su uso en correas transportadoras de caucho y otros productos de caucho. El resto es utilizado en fabricación de tintas de impresión y el mayor uso es como carga reforzante en productos de caucho, especialmente en neumáticos.

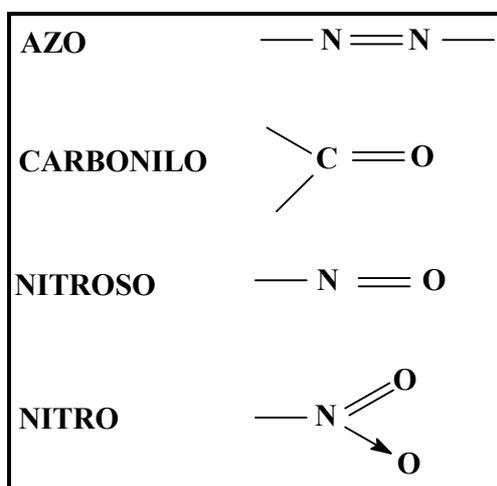
### III.2.- PIGMENTOS ORGÁNICOS. (21)

**1.- Características y Propiedades:** Antes de entrar a detallar las propiedades de los pigmentos orgánicos es necesario referirse brevemente a los diferentes grupos químicos que confieren el color a las materias orgánicas.

La mayoría de las sustancias orgánicas son incoloras; la absorción tiene lugar en el espectro ultravioleta. Tal es el caso de sustancias como el éter de petróleo, la acetona, el cloroformo, el tolueno, el fenol, la naftalina, etcétera.

Mediante la incorporación de dobles enlaces a la molécula se consigue que la absorción se desplace en dirección al espectro visible. Estos grupos no saturados se denominan *cromóforos*.

En la Figura 6 se muestran algunos de los más utilizados.



**Figura 6: Grupos Cromóforos**

Un incremento suplementario del color, o una acentuación del matiz, se logra con la presencia de grupos que forman sales, que reciben la denominación de *auxócromos*. La Figura 7 muestra algunos grupos de uso más frecuente.

— NH <sub>2</sub>	AMINO
— SO <sub>3</sub>	SULFONICO
— Cl	CLORO
— OH	HIDROXILO
— COOH	CARBOXILICO
— Br	BROMO

**Figura 7: Grupos Auxócromos**

**2.- Clasificación de los Pigmentos Orgánicos:** Los pigmentos orgánicos pueden clasificarse según su matiz, resistencias a la luz U.V., resistencias a la temperatura, por sus aplicaciones, por tipos o gamas comerciales y también basándose en su cromóforo principal. En este trabajo se clasificaran en tres grupos principales:

**2.1.- Pigmentos Azoicos**

**2.2.- Pigmentos Ftalocianinas**

**2.3.- Pigmentos Poli cíclicos**

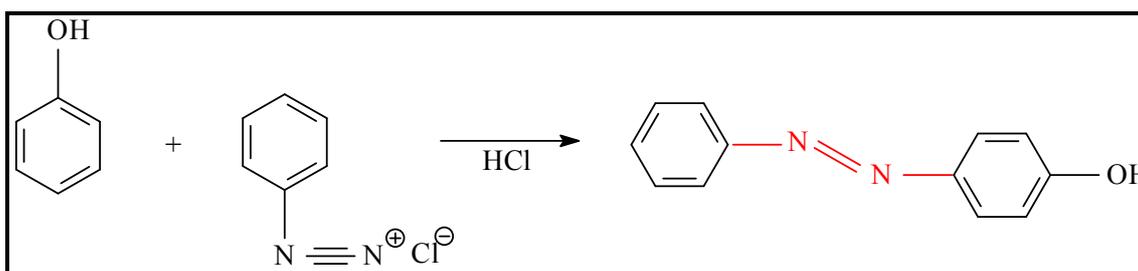
De acuerdo al volumen mundial de producción, los *pigmentos azoicos* representan el 50% del total de los pigmentos orgánicos disponibles. Los siguen en importancia *los pigmentos ftalocianinas*, con el 25 %, y el resto lo constituye el grupo de *pigmentos policíclicos*.

Los pigmentos orgánicos son un grupo de pigmentos muy importantes dentro de la coloración de las materias plásticas y formulación de pinturas y destacan por las

siguientes características: fuerza colorante, colores puros y muy vivos, buena transparencia., mediana a excelente resistencia a la luz UV y a los agentes químicos lo que depende de la familia química y de las dosis utilizadas.

**2.1- Pigmentos Azoicos.-** La característica de esta importante clase de pigmentos es la presencia del grupo cromóforo Este tipo de pigmentos se consigue gracias a reacciones de diazotación para obtener la base diazoica y posterior copulación mediante el componente de copulación apropiado.

Tal como muestra la Figura 8, el acoplamiento AZO, consiste en una reacción orgánica entre un compuesto diazo y una anilina o un fenol. El producto de esta reacción es un compuesto **AZO**, que contiene el grupo cromóforo **-N=N-**.



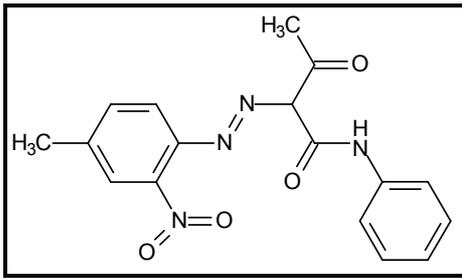
**Figura 8:** Esquema acoplamiento AZO

**Tipos de Pigmentos Azoicos.** Estos pigmentos se subdividen en:

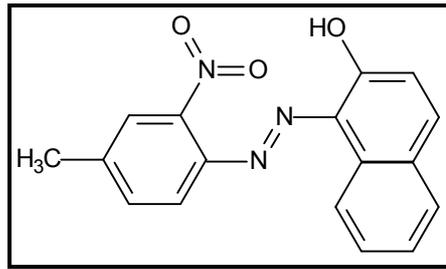
**2.1.1.- Pigmentos Mono Azoicos,** que contienen 1 grupo cromóforo **-N=N-**.

**2.1.2.- Pigmentos Di-Azoicos,** que contienen 2 grupos cromóforos **-N=N-**.

**2.1.1.- Pigmentos Mono-Azoicos** (22) Como pigmentos característicos de este subgrupo, figuran los conocidos como Amarillo Hansa (Pigment Yellow 1) y Rojo Toluidina (Pigment Red 3), cuyas estructuras se indican a continuación:



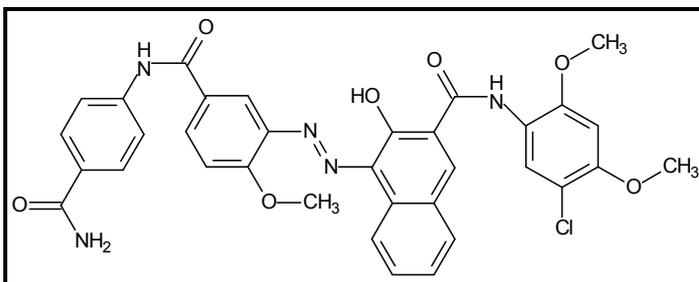
**Figura 9: Pigment Yellow 1**



**Figura 10: Pigment Red 3**

Estos pigmentos mono-azoicos tienen una estructura simple y aun cuando presentan una buena resistencia a la luz, poseen una insuficiente resistencia al calor y a la migración. Por esto no pueden recomendarse para la coloración de termoplásticos.

Al aumentar el tamaño de la molécula mediante la incorporación de varios grupos polares, se puede reducir de forma significativa la tendencia a la migración. En el pigmento rojo que obedece al Color Index Pigment Red 187, se han incorporado varios grupos metoxi o carbonamida. Su estructura se muestra en la Figura 11.

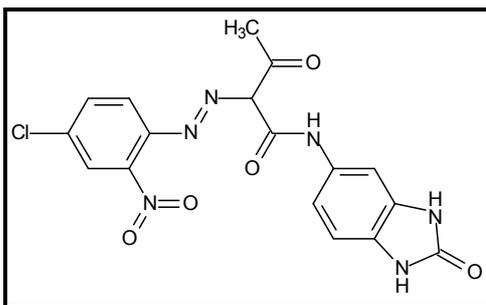


**Figura 11: Pigment Red 187**

Otra posibilidad para mejorar la resistencia a la luz UV y a agentes químicos, es la de agrandar la molécula mediante la incorporación de anillos heterocíclicos con grupo carbonamida (benzimidazolinona).

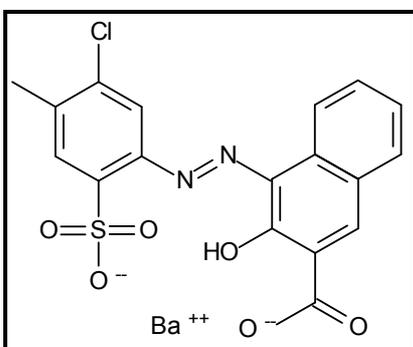
Un ejemplo es el pigmento naranja que obedece al CI: Pigment Orange 36.

Su estructura se muestra en la Figura 12.

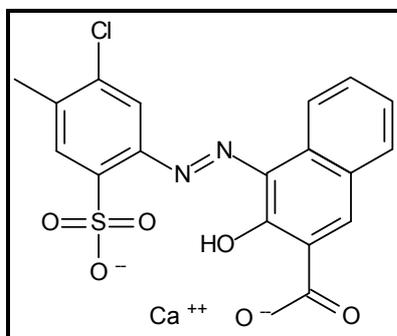


**Figura 12: Pigment Orange 36**

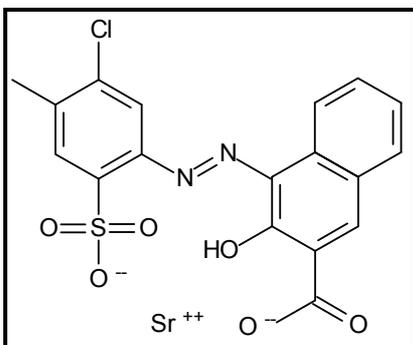
Un aumento en la resistencia a la migración también se puede obtener mediante la incorporación de grupos sulfónicos y grupos carboxi en la molécula y el correspondiente lacado de estos grupos con Calcio, Bario, Estroncio, Magnesio o Manganeso, con lo cual el pigmento se transforma en lacas insolubles. Este grupo de pigmentos se conocen como monoazoicos lacados o 2B toner y dependiendo del metal utilizado, obedecen a las estructuras (23) que se indican a continuación en las Figuras 13, 14, 15 y 16.



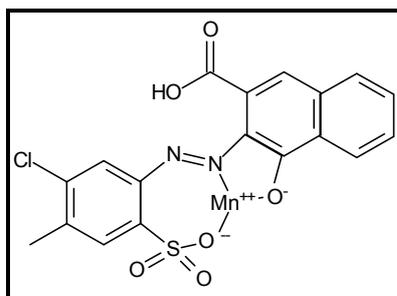
**Figura 13: Pigment Red 48:1 (Ba)**



**Figura 14: Pigment Red 48:2 (Ca)**

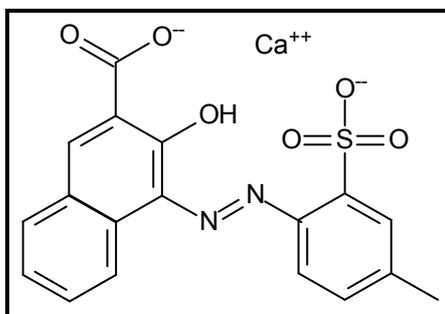


**Figura 15: Pigment Red 48:3 (Sr)**



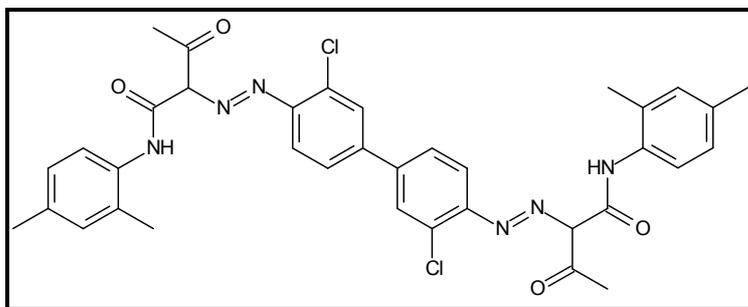
**Figura 16: Pigment Red 48:4 (Mn)**

En las industrias del plástico y de las pinturas también son de interés los pigmentos monoazoicos llamado 4B toners, que resultan de la reacción del ácido 4B con el ácido oxi-beta-naftoico lacado con calcio. Un pigmento característico es el Pigment Red 57:1, cuya estructura se indica en la Figura 17.

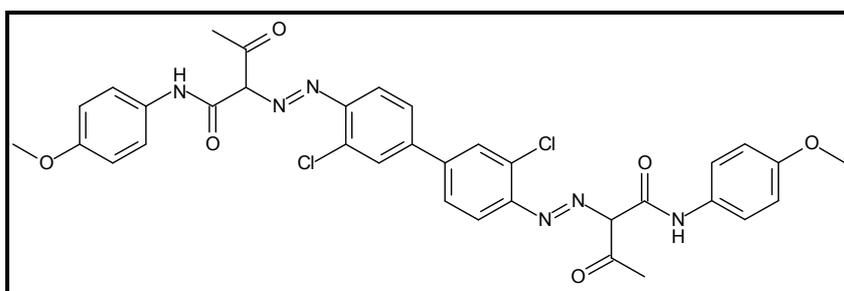


**Figura 17: Pigment Red 57:1**

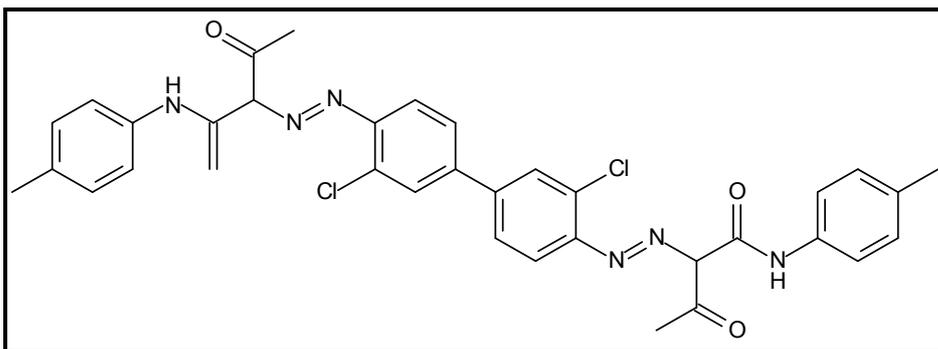
**2.1.2.- Pigmentos Di-Azoicos (24).** Estos pigmentos contienen dos grupos azoicos en la molécula del pigmento y son principalmente de color Amarillo, Naranja o Rojo. Se obtienen por copulación de las diarilidiaminas con diferentes compuestos de copulación. Algunos pigmentos de este tipo se indican en las Figuras 18,19,20 y 21.



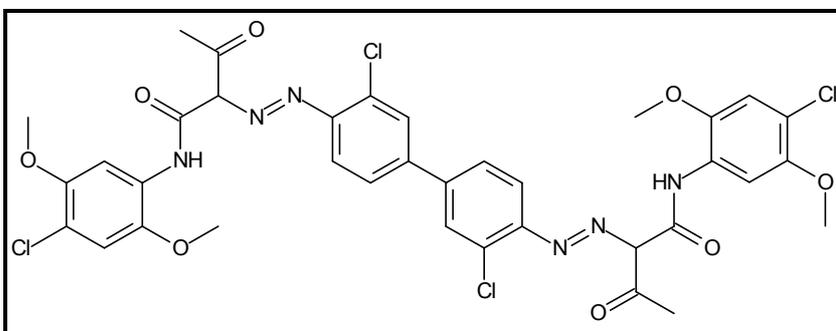
**Figura 18: Pigment Yellow13 (Clase Química: Diarilida m-xilidida, Matiz Neutro)**



**Figura 19: Pigment Yellow 17(Clase Química: Diarilida o-anisidina, Matiz: Verdoso)**



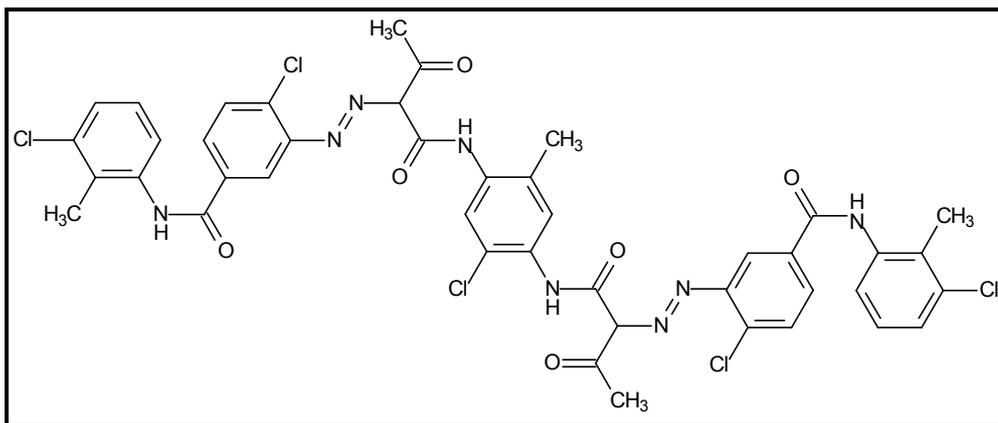
**Figura 20: Pigment Yellow 55** (Clase Química: Diarilida p-toluidida, Matiz: Rojizo)



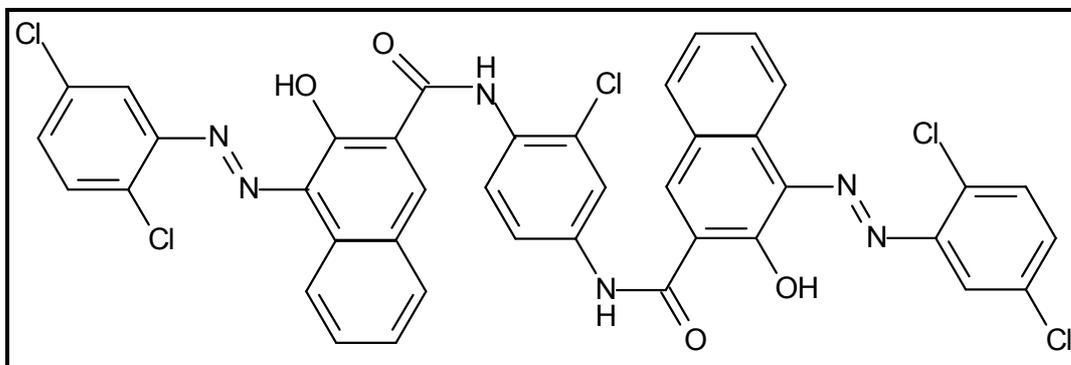
**Figura 21: Pigment Yellow 83** (Clase Química: Diarilida o-anisidina, Matiz: Rojizo)

Los pigmentos azocondensados se sintetizan mediante la condensación de colorantes de ácido azoico con diaminas aromáticas. Algunos tipos de pigmentos de este tipo son los que obedecen al Índice de Color Genérico Pigment Yellow 93 y Pigment Red 144.

Sus estructuras se muestran en las Figuras 22 y 23.



**Figura 22: Pigment Yellow 93**



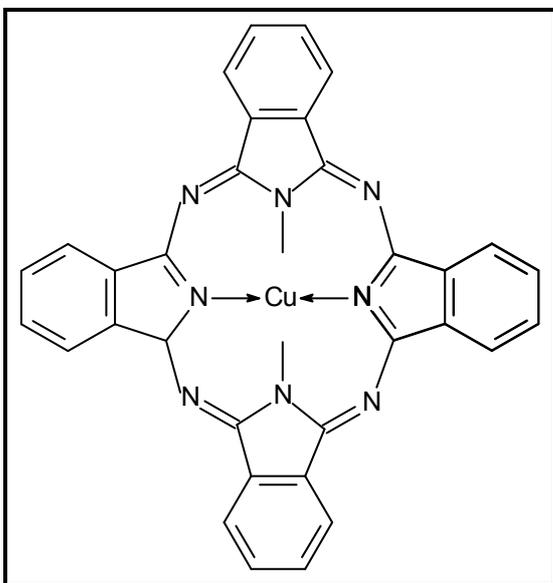
**Figura 23: Pigment Red 144**

## 2.2.- Pigmentos Ftalocianinas (25)

Este tipo de pigmentos son los más importantes de los pigmentos orgánicos existentes en el mercado. Sus matices van desde el azul rojizo hasta el verde amarillento.

**Pigmentos Azules Ftalocianina.** Su estructura química corresponde a la de un compuesto macro cíclico que tiene 1 átomo de carbono – 1 átomo de nitrógeno alternado en una estructura heterocíclica. Es una estructura de una simetría incomparable, donde el átomo de cobre se halla en el centro de la molécula, muy bien protegido y como consecuencia posee un conjunto de propiedades únicas.

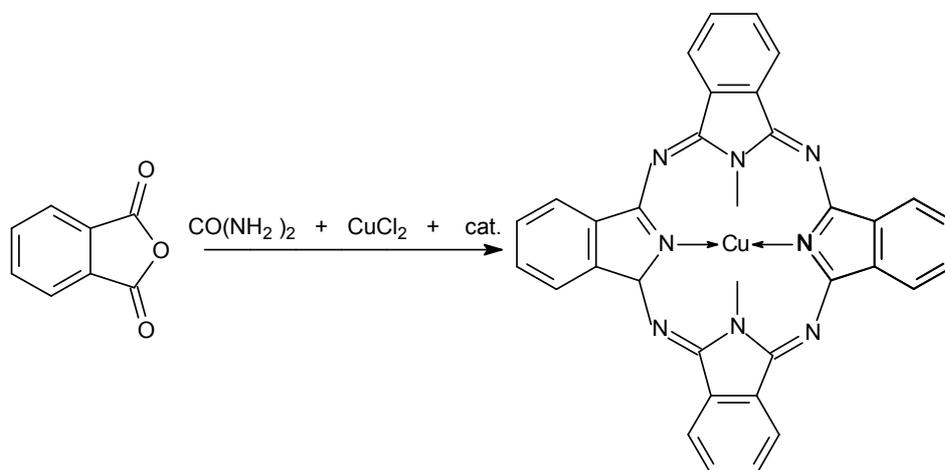
Gracias a su extraordinaria resistencia, los pigmentos Azul ftalocianina se utilizan en la fabricación de toda clase de pinturas, desde la pintura de dispersión hasta la de más alta calidad para automóviles. También se utilizan en tintas de impresión y en plásticos. Son pigmentos de alto valor industrial por sus propiedades, tales como resistencia a la luz ultravioleta, fuerza tintorial, poder cubritivo y resistencia a álcalis y ácidos. Su estructura típica se muestra en la Figura 24.



**Figura 24:** Estructura del Pigmento Azul Ftalocianina.

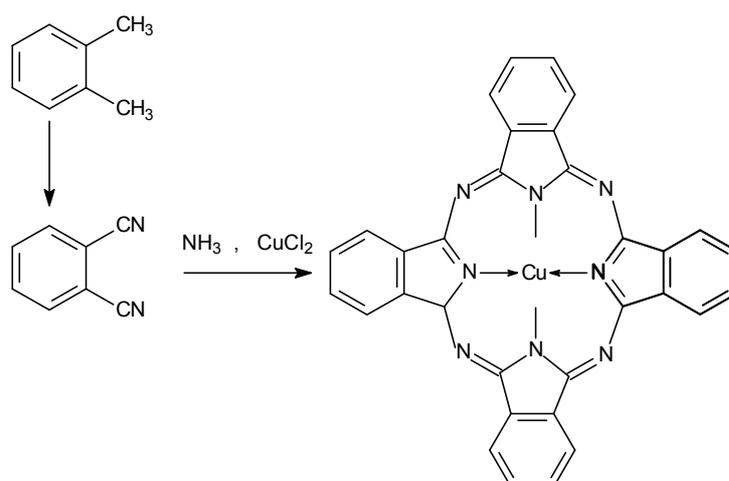
Estos pigmentos ftalocianinas de cobre pueden ser fabricados de dos formas (26).

En la Figura 25 se muestra el esquema general N° 1, en el cuál se hace reaccionar anhídrido ftálico, urea y cloruro cúprico. Como catalizador se utiliza el molibdato de amonio.



**Figura 25:** Esquema General N°1 de fabricación de Pigmento Azul Ftalocianina

Como se muestra en la Figura 26, también se pueden fabricar a partir de ftalonitrilo, obtenido por la amonio-oxidación del o-xileno y una apropiada sal cúprica como catalizador.



**Figura 26:** Esquema General N°2 de fabricación de Pigmento Azul Ftalocianina

Según su forma cristalina se clasifican en:

- Formas cristalinas  **$\alpha$  (alfa)** de tonalidad rojiza que obedecen a los siguientes Color Index: **Pigment Blue 15** que es el tipo sin estabilizar y el estabilizado **Pigment Blue 15:1**.
- Formas cristalinas  **$\beta$  (beta)** de tonalidad verdosa que obedecen a los siguientes Color Index: **Pigment Blue 15:3** y **Pigment Blue 15:4**.

**Pigment Blue 15**, también conocido como Pigment Blue 15:0, es un tipo de azul ftalocianina alfa sin estabilizar que tiene matiz rojizo muy puro, con elevada fuerza colorante. A temperaturas de 190-200 ° C tienden a pasar a la forma beta de matiz más verdoso.

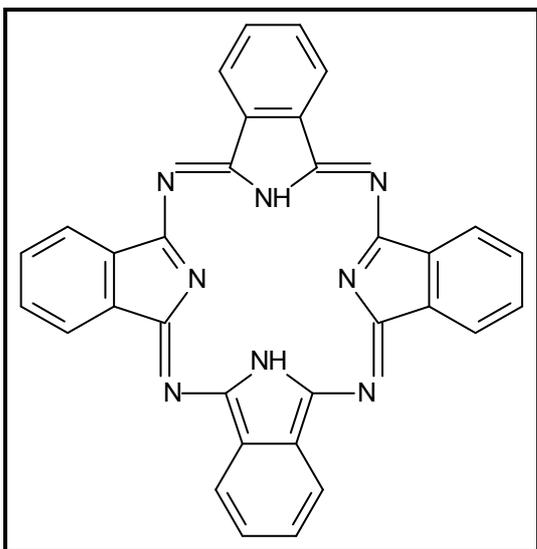
Es muy utilizado en la industria del plástico, en especial en la coloración de tuberías y fittings de compuestos de PVC rígido, donde al diluirlo con Dióxido de Titanio se obtienen tonos celestes.

**Pigment Blue 15:1**, corresponde a la forma alfa estabilizada, con buena fuerza colorante y de matiz más verdoso que el anterior. La estabilización se obtiene por cloración parcial, con lo cual se aumenta su resistencia a la temperatura y a los disolventes. Es muy utilizado en la industria de las pinturas y tintas gráficas.

**Pigment Blue 15:3 y 15:4**, ambos corresponden a la estructura cristalina beta estable y son de un matiz azul oscuro verdoso. Pueden resistir temperaturas de hasta 300 °C.

El pigmento azul ftalocianina PB 15:4 es de alta resistencia al cloro y es ampliamente utilizado en la industria de las pinturas, en especial para fabricación de pinturas para piscinas.

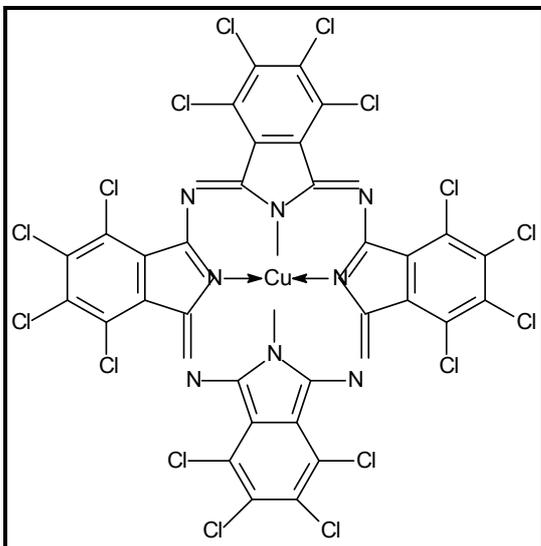
También existen los pigmentos ftalocianinas de color azul libres de cobre en el centro de su estructura. Tienen matiz turquesa y su resistencia térmica es algo menor que el tipo azul ftalocianina beta. El Color Index que los caracteriza es **Pigment Blue 16** y su estructura se muestra en la Figura 27.



**Figura 27:** Estructura del Pigment Blue 16

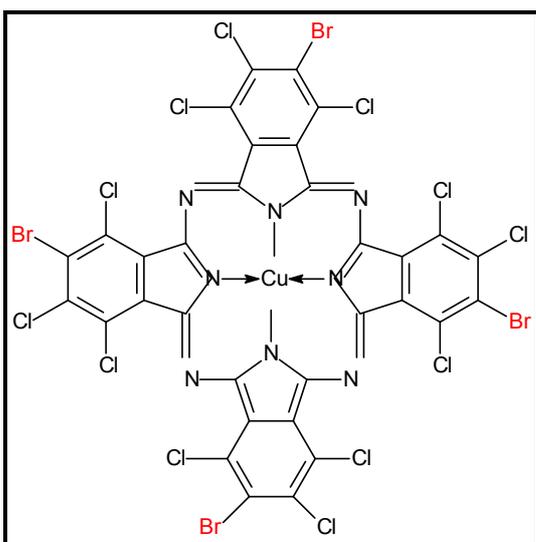
**Pigmentos Verdes Ftalocianina.** Este tipo de pigmentos ftalocianina se obtienen por la halogenación de la ftalocianina, consiguiéndose verdes de matiz más azulado o amarillento según la relación de átomos de cloro y bromo presentes en la molécula. Estos pueden variar entre 4 átomos de bromo por 8 átomos de cloro ó 12 de bromo por 3 de cloro. Cuanto mayor cantidad de átomos de bromo exista en la molécula, el matiz será más amarillento.

El pigmento verde ftalocianina de mayor uso en la industria del plástico es el **Pigment Green 7**, el cual tiene 15 átomos de cloro en su estructura. Su estructura química se muestra en la Figura 28.



**Figura 28:** Estructura del Pigment Green 7

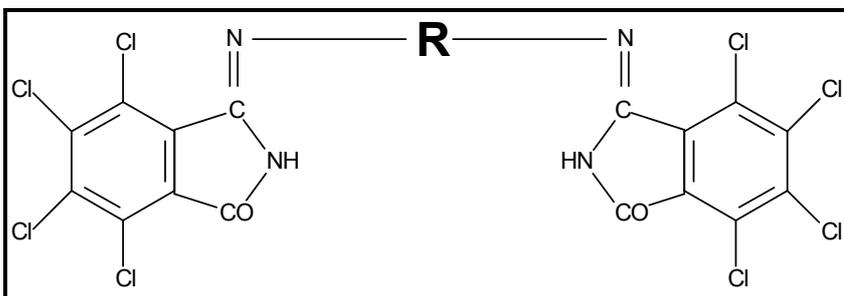
También existe el pigmento verde ftalocianina bromado, que contiene sobre un 57% de bromo y un 6% de cloro. Su matiz es marcadamente amarillento y obedece al Colour Index **Pigment Green 36**. Su estructura se muestra en la Figura 29.



**Figura 29:** Estructura del Pigment Green 36

**2.3.- Pigmentos Poli cíclicos (27):** Los pigmentos poli-cíclicos son generalmente conocidos como pigmentos de alta solidez o resistencia. Dentro de los más utilizados en las industrias de los plásticos y la pintura figuran los siguientes:

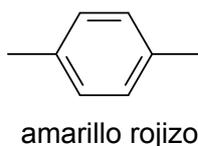
**2.3.1.- Pigmentos de Tetracloro-Isoindolinona.-** Esta familia de pigmentos de alta resistencia se caracteriza por la simetría de su molécula y también porque en ella hay cuatro átomos de cloro. En la Figura 30 se muestra su estructura general.



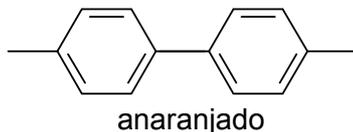
**Figura 30:** Estructura General de Pigmentos de Tetracloro-Isoindolinona

Dependiendo del radical **R** (a mayor deslocalización electrónica) el matiz varía desde el amarillo verdoso hasta el pardo, pasando por el anaranjado y el rojo. (Figuras 31, 32 y 33).

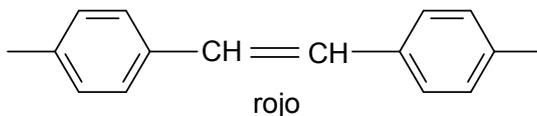
**Figura 31**



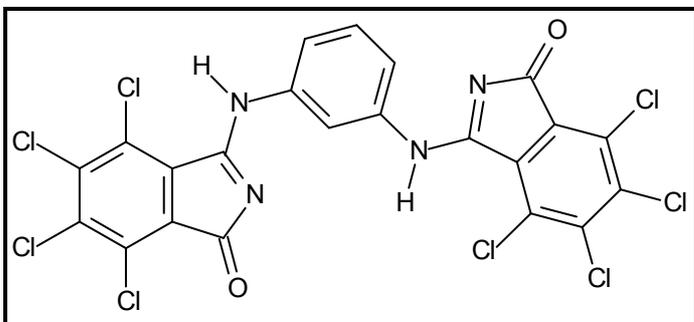
**Figura 32**



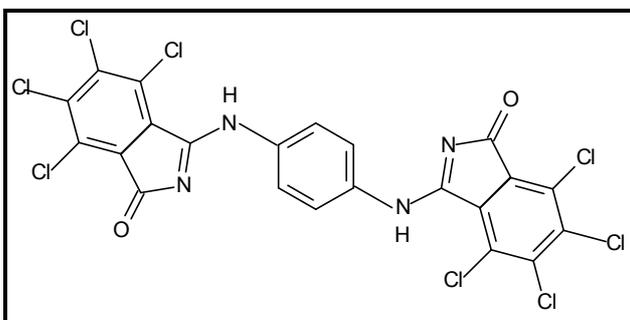
**Figura 33**



Estos pigmentos destacan por su buena solidez a la luz ultravioleta y a las condiciones de intemperie, al calor y a la migración. Algunos ejemplos de este tipo de pigmentos se muestran en las Figuras 34 y 35.

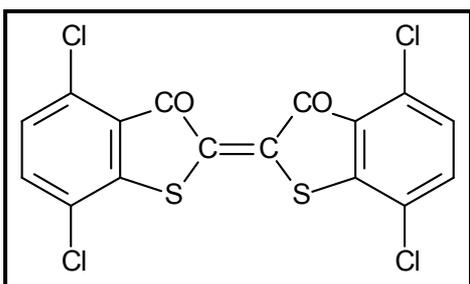


**Figura 34: Pigment Yellow 109** (Matiz Amarillo-Verdoso)



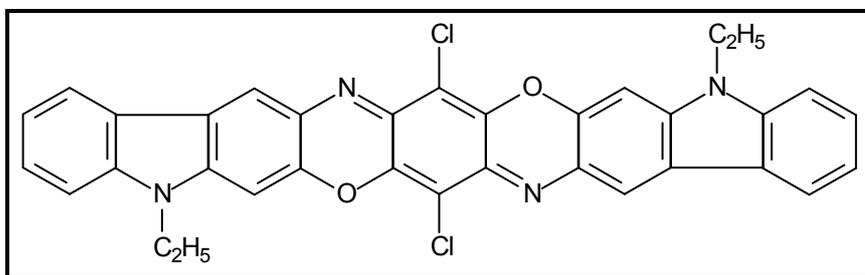
**Figura 35: Pigment Yellow 110** (Matiz Amarillo-Rojizo)

De toda la serie, el más interesante es el burdeos, que corresponde a un pigmento tetracloro-tioíndigo, que obedece al Color Index Pigment Red 88. Es un pigmento transparente, de color vivo, con buena fuerza colorante y muy utilizado en la coloración de PVC plastificado, usado para fabricar cuero sintético. Su estructura se muestra en la Figura 36.



### **Figura 36: Estructura Pigment Red 88**

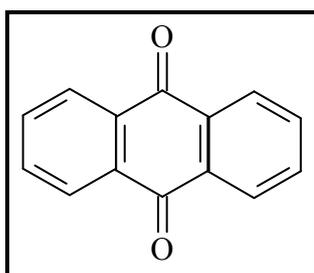
**2.3.2.- Pigmentos de Dioxazina.** Poseen una elevada fuerza colorante y tienen un matiz mas o menos azulado dependiendo de la naturaleza de los grupos sustituyentes, los que también influyen en la resistencia a la migración. En la industria de las pinturas y plásticos uno de los más utilizado es el Color Index: Pigment Violet 23, de matiz azulado y que a bajas concentraciones, presenta problemas de migración y resistencia a la temperatura. Su estructura se muestra en la Figura 37.



### **Figura 37: Estructura del Pigment Violet 23**

Aparte de su uso como violeta, también se emplea como pigmento para matizar, en especial en combinación con pigmentos azules ftalocianina, con lo cual se consiguen pigmentos azules rojizos. También es utilizado para mejorar el grado de blancura.

**2.3.3.- Pigmentos Antraquinónicos.** Esta clase de pigmentos abarca todos aquellos que tienen la estructura antraquinónica que se indica en la Figura 38.



### Figura 38: Estructura Antraquinónica

Algunos de los más utilizados son los siguientes. **Pigment Red 177**, de matiz rojo azulado muy puro, de fuerza colorante y transparencia elevadas y excelente solidez a la luz. Se utiliza puro o mezclado con molibdeno para obtener rojos opacos. Debido a su alta resistencia a la descomposición es utilizado en pinturas de calidad automotriz y tintas de impresión, además de plásticos. La Figura 39 muestra su estructura.

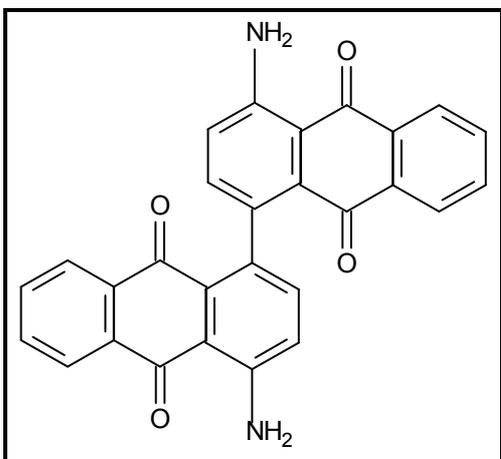


Figura 39: Pigment Red 177

**Pigment Blue 60**, de matiz azul rojizo, transparente, de elevada fuerza colorante y buenas resistencias a la temperatura y a la luz UV. La Figura 40 muestra su estructura.

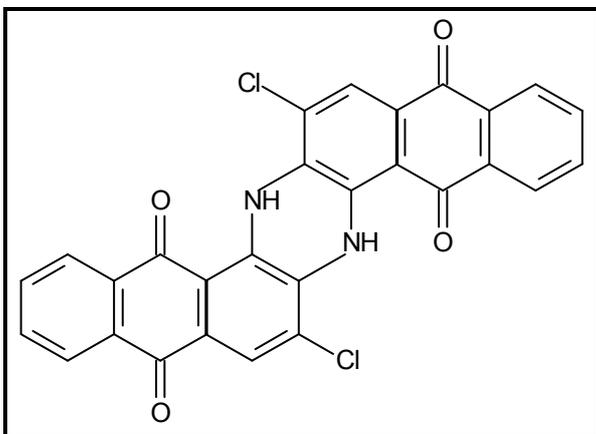
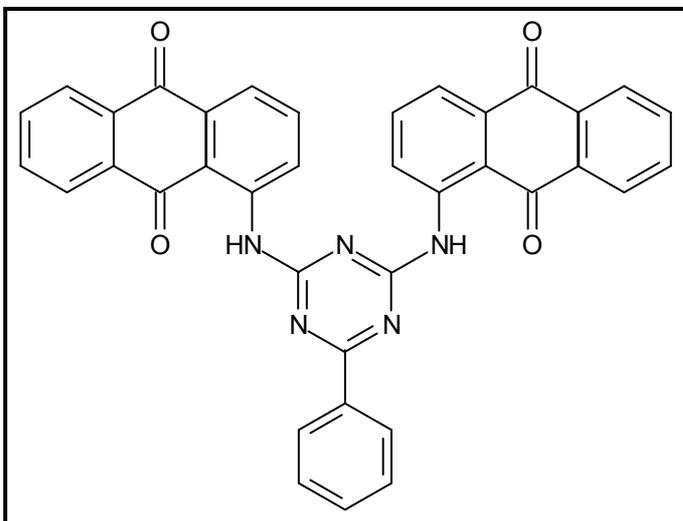


Figura 40: Pigment Blue 60

**Pigment Yellow 147**, de matiz amarillo rojizo, muy transparente, con buena resistencia a la luz UV y a la temperatura. Especialmente recomendado para pigmentación de polímeros estirénicos. La Figura 41 muestra su estructura.

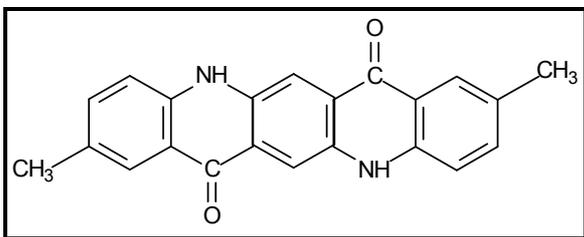


**Figura 41:** Estructura del Pigment Yellow 147

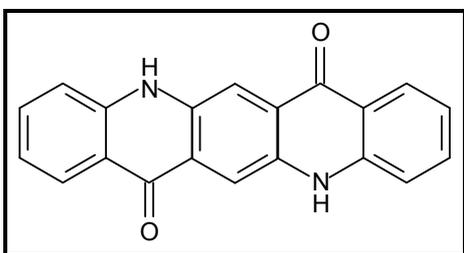
**2.3.3.- Pigmentos de Quinacridona.**-De forma similar que los pigmentos ftalocianinas de cobre revisados con anterioridad, esta clase de pigmentos también se presentan en diferentes modificaciones cristalinas, **B** (beta) y **γ** (gama), con diversos matices y resistencias a la luz UV y temperaturas. Los matices comprenden rojos, magentas y violetas.

Las propiedades generales de estos pigmentos son buena resistencia a la luz UV, a la intemperie y a la temperatura, excelente resistencia a ácidos, álcalis y disolventes, tienen matices muy puros aptos para combinaciones con naranjas de molibdato, no producen deformaciones en las piezas fabricadas con resina de polietileno de alta densidad (PEAD), fabricadas por método de inyección.

Las Figuras 42 y 43, muestran las estructuras de algunos pigmentos de este tipo más utilizados en la industria.



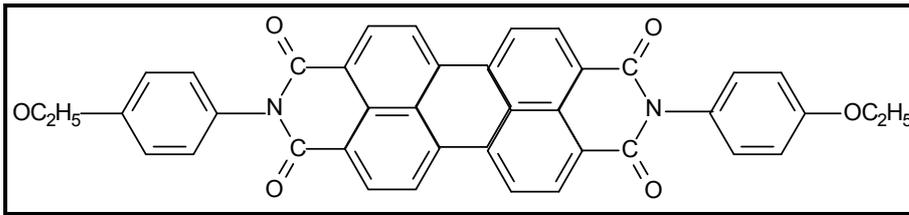
**Figura 42: Estructura del Pigment Red 122**



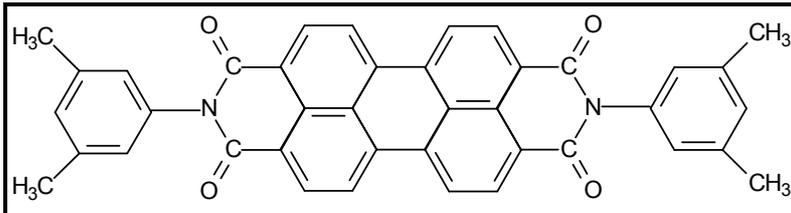
**Figura 43: Estructura del Pigment Violet 19**

**2.3.4.- Pigmentos de Perileno.-** Este tipo de pigmentos son de color rojo, que va desde el rojo neutro hasta el rojo azulado. También se pueden obtener matices violeta y marrón, según el grupo sustituyente. Poseen buenas solidez a la intemperie, temperatura y Luz UV. En general son de precio elevado y difícil dispersión.

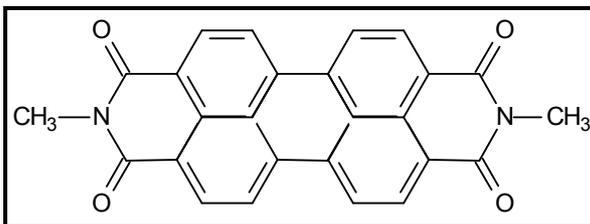
Las Figuras 44, 45, 46 y 47, muestran las estructuras de algunos pigmentos de este tipo más utilizados en la industria.



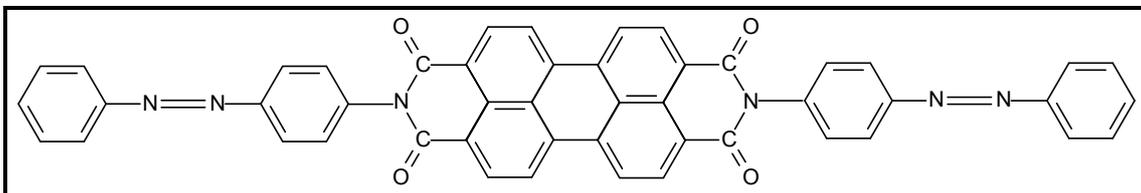
**Figura 44:** Estructura del Pigment Red 123



**Figura 45:** Estructura del Pigment Red 149



**Figura 46:** Estructura del Pigment Red 179



**Figura 47:** Estructura del Pigment Red 178

## **BIBLIOGRAFIA**

(1) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 8. Color y Colorimetría, 169-171.

(2) Stephen Westland. Cómo funciona el Ojo Humano [en línea]  
[http://www.gusgsm.com/funciona\\_ojo\\_humano](http://www.gusgsm.com/funciona_ojo_humano) [consulta: 10 diciembre 2007]

(3) Stephen Westland. Luz y Materia [en línea]  
[http://www.gusgsm.com/espectro\\_cromatico](http://www.gusgsm.com/espectro_cromatico) [consulta: 31 diciembre 2007]

(4) Raúl Ybarra. Libro de Joyería Electrónico Tips de Joyería [en línea]  
[http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya4/4diseno\\_color\\_significado.htm](http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya4/4diseno_color_significado.htm)  
[consulta: 20 marzo 2007]

(5) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 9-10.

(6) Miguel Calvo. Bioquímica de los Alimentos. [en línea]  
<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/TEMA24.html> [consulta: 06 marzo 2007]

(7) Wikipedia. La Enciclopedia Libre. [en línea]  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Hemoglobina> [consulta: 20 marzo 2007]

(8) Fotonostra [en línea] <http://www.fotonostra.com/grafico/modeloscolor.htm>  
[consulta: 27 noviembre 2007]

(9) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 4. Color Index, 47-49.

(10) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 10-11.

(11) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 11-12.

(12) Comercial Exportación e Importación España (COMEI) [en línea] <http://www.gestion-ambiental.com/norma/ley/392L0112.htm> [consulta: 20 julio 2007]

(13) Factores ambientales en el lugar de trabajo, Oficina Internacional del Trabajo Ginebra [en línea] <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cops/spanish/download/s000009.pdf> [consulta: 25 julio 2007]

(14) OXIREIN España [en línea] <http://www.oxirein.com/productos/oxhierro.htm>  
[consulta: 25 julio 2007]

(15) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 14-16.

(16) Pigmentos Inorgánicos Nubiola Colombia [en línea]  
[http://www.nubiola.com/pag\\_nubiola/prod\\_amarillos.asp](http://www.nubiola.com/pag_nubiola/prod_amarillos.asp) [consulta: 18 agosto 2007]

(17) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 19-20.

(18) Pigmentos Inorgánicos Nubiola Colombia [en línea]  
[http://www.nubiola.com/pag\\_nubiola/frame\\_inf\\_cast.asp](http://www.nubiola.com/pag_nubiola/frame_inf_cast.asp) [consulta: 18 agosto 2007]

(19) "Verband der Mineralfarbenindustrie e.V." 47-49, [en línea]  
<http://www.vdmi.de/files/SAF-P-SP.pdf> [consulta: 18 agosto 2007]

(20) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 20 – 22.

(21) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 24 – 25.

(22) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 26 – 28.

(23) MILJØMINISTERIET, Survey of azo-colorants in Denmark [en línea] [http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?pg=http://www2.mst.dk/udgiv/publications/1999/87-7909-548-8/html/vandret03\\_eng.htm](http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?pg=http://www2.mst.dk/udgiv/publications/1999/87-7909-548-8/html/vandret03_eng.htm) [consulta: 20 julio 2007]

(24) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 29 – 30.

(25) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 30 – 32.

(26) HAO Zhimin y IQBAL Abul. Some aspects of organic pigments. Chemical Society Reviews, Volume 26 (3). 203 – 213 (1997).

(27) Gili Bas, Enric. Coloración de Materias Plásticas. 1era Edición. España: Centro Español de Plásticos, 1990. (Colección Temas Monográficos del Centro Español de Plásticos). Cáp. 3. Materias Colorantes, 33 – 37.