



# Posibilidad de sustitución de materias primas peligrosas por otras que entrañen menor peligro en el proceso productivo

## SUMARIO

*La producción de cerámica decorada se remonta a los albores de la civilización. Durante mucho tiempo se utilizaron pigmentos naturales basados en minerales que contenían como agentes de color elementos metálicos (principalmente Co, Cr, Fe y Mn). La industria moderna no puede utilizar estos materiales (1), ya que su composición no es estable. La solución es elaborar pigmentos sintéticos de los cuales la mayoría presentan un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utilizan o se hallan presentes en el lugar de trabajo. La mayor parte de ellos se producen por elección empírica de los materiales que los componen. Solamente en las dos o tres últimas décadas se ha abordado la síntesis sistemática de pigmentos siguiendo los conceptos modernos de cristalografía.*

**GUILLERMO FERNÁNDEZ GARCÍA**  
*Técnico superior en Prevención de Riesgos Laborales. Consejero de Seguridad para el Transporte por Carretera de Mercancías Peligrosas. Licenciado en Ciencias Químicas*

**RUBÉN GARCÍA MENÉNDEZ**  
*Profesor titular de la Universidad de Oviedo*

**ARTURO GANGA ALONSO**  
*Médico de empresa del Servicio de Prevención de la Universidad de Oviedo*

**Palabras clave:** Cerámica, pigmentos de color, procedimientos de síntesis.

## INTRODUCCIÓN

Los colores cerámicos son proporcionados invariablemente por compuestos inorgánicos (principalmente óxidos y silicatos, aunque también sulfuros, seleniuros, sulfatos, aluminatos, fosfatos, uranatos, etc.) que contienen uno o varios elementos cromóforos susceptibles de desarrollar color al incorporarlos a una composición cerámica que se somete a tratamiento térmico a temperatura elevada (800-1050 °C).

La serigrafía es una técnica que permite imprimir depósitos de tinta elevados mediante el empleo de los compuestos denominados pigmentos cerámicos (Fig. 1), por lo que es muy adecuada para conseguir decoraciones artísticas sobre superficies cerámicas con gran intensidad de color. El color se elige de la paleta que cumpla condiciones técnicas adecuadas para cada trabajo o decoración a desarrollar (temperatura, ciclo de cocción, resistencia, etc.). Es decir, las empresas de serigrafía son receptoras de una parte apreciable de la producción de colorantes cerámicos.

**FIGURA 1. Ejemplo de decoración artística sobre un plato cerámico utilizando la técnica de la impresión serigráfica.**



### PIGMENTOS CERÁMICOS APLICABLES EN LA INDUSTRIA SERIGRÁFICA

El sector industrial de los pigmentos cerámicos no está exento de problemas. Entre los más importantes podemos citar los siguientes:

a) Los actuales colores cerámicos sólo son aditivos parcialmente, por los que muchos tonos no pueden ser obtenidos a pesar de la cantidad de co-

lores tan aparentemente rica de una paleta.

b) Existen importantes incompatibilidades de mezcla, especialmente de los sulfoseleniuros de cadmio con el resto de los pigmentos.

c) La estabilidad térmica de algunos colores especialmente los rojos, es reducida, lo que impide la utilización de técnicas de cocción rápida para su implantación.

d) Los agentes de color suelen ser metales de elevada toxicidad, que modifican las condiciones ambientales del lugar de trabajo con la aparición de contaminantes que puedan deteriorar la salud y la seguridad de los trabajadores, acentuándose estos problemas si no se toman las medidas oportunas, debido a que se concentran y pueden así aumentar su acción nociva (Fig. 2).

La solución a los problemas anteriores debe buscarse en la síntesis de nuevos pigmentos que cumplan una serie de requisitos:

a) Poseer una elevada intensidad de color que no se vea alterada en un amplio rango de temperatura.

b) Que sus colores sean completamente aditivos.

c) Sustitución de lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro, por lo que los metales pesados, que eran los que generaban una elevada peligrosidad intrínseca, (por ejemplo, enfermedades profesionales como el saturnismo), son sustituidos por otros elementos menos peligrosos, como los fosfatos de níquel (art. 15 de la Ley 31/1995), aunque aún no exentos de peligrosidad intrínseca.

En la actualidad, la respuesta de la industria de pigmentos es sólo parcialmente satisfactoria. Los procedimientos de síntesis de colores siguen siendo los tradicionales de la química de alta temperatura, con sus ventajas e inconvenientes (largos tiempos de reacción, elevado coste energético, presencia de reactivos residuales, los cuales deben gestionarse mediante una recogida selectiva, según los procedimientos estipulados en la Ley 10/1998 de Residuos, además de toda la legislación adicional que existe en la materia). Por otro lado, se intenta disminuir la toxicidad del producto, rebajando los contenidos en metales nocivos (principalmente plomo y cadmio) o incluyéndolos en preparados que, después de la cocción, presenten un mínimo desprendimiento (fritado de los óxidos y colores de intrusión para Cd. y Se). Solamente en un número limitado de casos se han intentado sustituir los metales tóxicos por otros elementos más inocuos e inofensivos para la seguridad de los trabajadores (por ejem-

**FIGURA 2. Proceso de impresión sobre el papel de la calcomanía, paso anterior a imprimir una capa de solución de película, que servirá de vehículo transportador de los colores cuando la calcomanía vaya a ser utilizada en vajillas, azulejos, hierro esmaltado, vidrio...**



plo, lantánidos) (3) (4), o se han investigado métodos no convencionales de síntesis. Según la legislación española en materia de prevención de riesgos relacionados con el trabajo, el empresario ha de garantizar la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entraña un agente químico peligroso para la salud y seguridad de los trabajadores durante el trabajo. Para ello, el empresario deberá evitar el uso de dicho agente, sustituyéndolo por otro, o modificando el proceso productivo por otro que, con arreglo a sus condiciones de uso, no sea peligroso o lo sea en menor grado. Debido a ello, desde el Departamento de Química Orgánica e Inorgánica de la Universidad de Oviedo, en colaboración con el Servicio de Prevención de la misma Universidad, se investigan nuevas rutas de síntesis de colorantes cerámicos que estén exentos o, por lo menos, disminuyan los riesgos asociados al manejo de colorantes peligrosos para la salud de los trabajadores asociados a talleres de impresión. Este ejemplo constituye un gran avance en el ámbito de la seguridad y salud, ya que, como dice el artículo 14 de la Ley 31/1995, el empresario es el deudor de la seguridad de sus trabajadores, y para que ello suceda así lo más importante es fomentar una cultura preventiva que ha de comenzar por la cúspide de la empresa, el empresario, y ha de acabar en cada uno de sus trabajadores, apoyado estructuralmente en aspectos fundamentales como la participación, consulta, formación e información de los trabajadores recayendo la responsabilidad en materia preventiva sobre todo el personal de la





*España es el segundo productor mundial en el sector de la cerámica.*

organización, atendiendo a sus funciones, delegación y autoridad, de acuerdo con el principio de seguridad integrada; sin ello, los daños ocasionados a la salud de los trabajadores, a pesar de existir una legislación bastante completa, no disminuirían. Para poder conceder el debido interés y el máximo apoyo a la Prevención de Riesgos Laborales como medio para proteger la integridad y la salud de los trabajadores debería implantarse un Sistema de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales de acuerdo a la norma UNE 81900:1996 EX como herramienta para asegurar la eficacia de la acción preventiva, considerando que esta función tiene el mismo nivel de importancia que cualquier otro elemento de la gestión empresarial. Datos significativos de que esta gestión en España aún no está impregnada en el conjunto de la sociedad, se pone de manifiesto observando que la accidentalidad laboral desde el año 1989 (datos más fiables que los relacionados con las enfermedades profesionales), primer año completo en que la información sobre esta materia resultaba plenamente comparable con la de los años siguientes hasta la actualidad, ha aumentado, bien es cierto que las cifras de accidentes no permi-

ten una comparación directa ni temporal, debido a que el número de trabajadores expuestos a los riesgos asociados al trabajo también ha aumentado; eliminando el efecto de las diferencias en las cifras de población expuesta a esos riesgos, y obteniendo los *índices de incidencia*, se pone de manifiesto que la siniestralidad laboral también ha aumentado.

### LOS PIGMENTOS CERÁMICOS DE COLOR ROJO

El desarrollo de pigmentos rojos estables a altas temperaturas es de gran importancia para la industria serigráfica. Los pigmentos rojos utilizados hoy en día presentan graves inconvenientes (4) (6):

- Estabilidad térmica débil frente a la agresividad de las fritas que provocan la alteración del color a alta temperatura.
- Toxicidad elevada de los colorantes más habituales (sulfoseleniuros de cadmio, óxidos de plomo y uranatos de sodio), que pueden generar efectos adversos para el desarrollo de la vida humana si se superan unos valores límite.

- Color destonificado a alta temperatura del resto de los pigmentos «rojos» (principalmente óxidos de hierro).

La investigación, tendente a sustituir los sulfoseleniuros de cadmio como pigmentos rojos más habituales en la industria cerámica, ha dirigido sus pasos hacia la síntesis de nuevos materiales, donde el elemento cromóforo sea un metal de transición interna. Así, ha descrito la síntesis de óxidos de ceriopraseodimio, o el dopaje de óxidos de cerio con terbio.

Recientemente se sintetizaron pigmentos constituidos por soluciones sólidas perovskitas  $\text{CaTaON}_2$  y  $\text{LaTaON}_2$  (5). Su brillantez, fuerza de teñido, opacidad, dispersabilidad y estabilidad frente a la luz y la temperatura hacen que sean buenos candidatos a sustituir a los sulfoseleniuros de cadmio y óxidos de plomo, que actualmente son los pigmentos de color rojo más usados comercialmente.

### UTILIZACIÓN DE PIGMENTOS CON BASE PLÚMBICA

Durante mucho tiempo (7), e incluso en la actualidad, las decoraciones ar-

tísticas de color rojo se realizaban mediante óxidos metálicos de plomo (PbO principalmente). Dicho metal ya fue descubierto por los habitantes del Asia Menor, que rodean el mar Negro hace cinco mil años. Los romanos lo reconocieron como una materia prima y le dieron por primera vez una utilización industrial. En la actualidad se reconocen alrededor de 120 actividades en las que los trabajadores pueden estar expuestos al plomo, incluyendo sectores tan dispares como: fundición, fabricación de baterías, pigmentos de plomo y materiales conteniendo pigmentos de plomo y materiales de soldadura, construcción y reparación de barcos, fabricación de automóviles e imprenta. Si bien la toxicidad de este metal y sus compuestos se conocía ya de forma imprecisa desde el siglo II a. C., no ha sido hasta hace unas décadas cuando se han identificado los mecanismos de acción a través de los cuales se llegan a producir daños en la salud. Como consecuencia, se han implantado sistemas de higiene industrial y programas de control biológico, así como de vigilancia médica, para reducir la exposición de los trabajadores y asegurarse de que mantiene dentro de los límites considerados como salvaguardas adecuados para el mantenimiento de la salud (Putnam, 1986). Esto provocó que muchos trabajadores de empresas que emplean colorantes con bases metálicas de plomo presentasen alteraciones en su salud por la presencia de estos factores de riesgo durante la realización de su trabajo, después de la absorción del contaminante químico, posiblemente por vía dérmica o respiratoria (aparte de la posible ingestión). La vía respiratoria era debida por la inhalación de vapores, humos y polvo fino de plomo, pasando a continuación el plomo del aparato respiratorio hacia la sangre. La adsorción por vía cutánea de plomo inorgánico parece ser muy baja. Por lo tanto, la inhalación de vapores o humos plumbíferos parece constituir la causa principal de exposición excesiva al plomo en el medio profesional.

La temperatura de ebullición del plomo se sitúa por debajo de los 600 °C, lo que indica que, una vez fundido fácilmente, pasa a la atmósfera, donde se combina con el oxígeno. En el lugar de trabajo se puede encontrar en forma de humos, procedentes de la fusión o de polvo de sus compuestos. De hecho, éstas son las formas con las que más frecuentemente entra en contacto el trabajador en el desarrollo de una actividad profesional en la que, de una u otra forma, se utilice el plomo inorgánico o sus compuestos y constituyen la base de su exposición ocupa-



*El empresario ha de garantizar la eliminación o reducción del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la salud de los trabajadores.*

cional. Por este motivo, distintas organizaciones, asociaciones o la Administración, de las que son ejemplos la OSHA o la ACGIH en Estados Unidos, las autoridades comunitarias en Europa y los gobiernos de los Estados miembros han adoptado normativas y estándares que son de aplicación en

el aire del ambiente de trabajo, como elementos básicos encaminados a evitar el saturnismo, enfermedad crónica que tiene su origen en la exposición prolongada a plomo, y a proporcionar un conocimiento completo de los elementos implicados en la prevención de esta condición y de otras patologías diversas relacionadas con esa misma exposición.

Los primeros estudios cuantitativos experimentales de interés científico y práctico que se llevaron a cabo a este respecto se basaban en el balance de entradas y eliminaciones de plomo en un grupo de voluntarios adultos de los que se conocía que la ingestión de plomo a través de los alimentos (estimada en 0,15-0,30 mg/día para la población norteamericana en el período 1940-60), al tiempo que se determinaba la excreción a través de la orina (entre 0,01 y 0,08 mg/día) y de las heces, cuyo contenido resultó ser muy similar al de los alimentos (0,12-0,34 mg/día) (Kehoe 1961).

Respecto a la exposición industrial al plomo inorgánico conviene recordar que en la década de los años cincuenta el estándar aceptado de una manera más general desde el punto de vista higiénico en las industrias del plomo de Estados Unidos, a fin de prevenir la severidad de la exposición por vía inhalatoria de los trabajadores, era una concentración límite de 0,15 mg/m<sup>3</sup>, en forma de plomo disperso, en el aire de las instalaciones industriales.

En 1978, la OSHA estableció como valor PEL 0,05 mg Pb/m<sup>3</sup> para una exposición ponderada de ocho horas, considerando esta autoridad laboral

*La serigrafía es una técnica que permite imprimir depósitos de tinta elevados mediante el empleo de compuestos denominados pigmentos cerámicos.*



que existe riesgo en una empresa cuando se iguala o sobrepasa dicho límite. La ACGIH, en 1986, adoptó 0,15 mg Pb/m<sup>3</sup> de plomo en aire como TLV-TWA del plomo inorgánico en forma de humos y polvo. En 1995, para el plomo elemental y sus compuestos inorgánicos, adoptó la cifra de 0,05 mg Pb/m<sup>3</sup> y los incluyó dentro de la categoría A3 de carcinogenicidad.

En Europa, el Consejo de la UE aprobó la Directiva 82/605/CEE, de 28 de julio de 1982, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con una exposición al plomo metálico y a sus compuestos iónicos durante el trabajo (con arreglo a la Directiva 80/1107/CEE). En su Anexo I figura una lista indicativa, no exhaustiva, de las actividades en las que ha lugar a considerar que puede existir un riesgo de adsorción de plomo, incluyéndose entre ellas los trabajos de impresión que impliquen la utilización del plomo, por lo que, debido a la existen-

cia de este riesgo, deberá evaluarse, determinando su naturaleza y el grado de exposición de los trabajadores al plomo. En España, el Real Decreto 1995/1978, de 12 de mayo (Ministerio de Sanidad y Seguridad Social), por el que se establecía el vigente cuadro de enfermedades profesionales con las relaciones de las principales actividades capaces de producirlas, dentro del apartado A) incluye el plomo y sus compuestos. Posteriormente, la Directiva 82/605/CEE fue traspuesta por la Orden ministerial de 9 de abril de 1986, en la que se aprueba el Reglamento para la Prevención de Riesgos y Protección de la Salud de los Trabajadores por la presencia de plomo y sus compuestos iónicos en el puesto de trabajo.

Por todo ello, para evitar el riesgo de saturnismo en las imprentas que usen depósitos de tinta con base de óxidos metálicos, hay que utilizar otras materias primas que estén exen-

tas del empleo de plomo; si ello no es posible, como puede ser en el caso de la decoración cerámica, debido a la dificultad de obtener colorantes rojos que presenten las cualidades necesarias, deberá cumplir con una legislación específica en la materia, evaluando el riesgo para poder tomar posteriormente las medidas necesarias para su desaparición o reducción al máximo. Entre estos métodos de prevención se puede reseñar una serie de ellos:

a) *Organización del trabajo*, de manera que las operaciones que signifiquen un riesgo de exposición al plomo no estén repartidas por el lugar de trabajo, sino agrupadas, lo que limita el nivel de dispersión del contaminante y facilita la instalación de un sistema de ventilación eficaz; si es posible se trabajará en circuito cerrado.

b) *Ventilación*, esencialmente aspiración localizada en el lugar donde se generan el polvo, los humos y los vapores de plomo (Berg y Zenz).

c) *Limpieza general de los lugares de trabajo*, lavado regular para evitar la acumulación de polvo de plomo.

d) *Equipo sanitario* que permita la higiene personal adecuada: lavabos, duchas, armarios distintos para la ropa de calle y la de trabajo, comedor aislado del lugar de trabajo.

e) *Determinación en períodos regulares de la concentración de plomo en el aire de los puestos de trabajo*, dado que en la industria la vía principal de entrada de plomo en el organismo es la respiratoria, por lo que su medición en el aire permite valorar el peligro de la exposición. Se ha demostrado (Kehone, 1971) que la medición de la concentración atmosférica de plomo no permite valorar la exposición individual y sólo informa de las condiciones de higiene general de los lugares de trabajo y de las fuentes de emisión.

f) *Dotación de equipos de protección individual*, donde cada actividad que realizan está regulada por una legislación (8).

g) *Exámenes de salud*, realizando un reconocimiento previo al trabajador antes de ponerlo en un puesto con riesgo de plomo, debido, entre otras significaciones, a que, según Cramer el alcoholismo haría a los trabajadores más sensibles a la acción tóxica del plomo, además de reconocimientos periódicos para buscar y reconocer los síntomas de impregnación saturnina y las primeras manifestaciones clínicas de saturnismo, debido a que la intoxicación por plomo es un proceso acumulativo en el cuerpo humano gracias a la difícil metabolización del mismo por parte del organismo.



Hoy día los procedimientos de síntesis de colores siguen siendo los tradicionales de la química de alta temperatura con sus ventajas e inconvenientes.

## MODIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Mencionando temas distintos en un principio, como protección del trabajador y del medio ambiente, pero relacionados en la práctica, la sustitución de materias primas peligrosas, en primer lugar, para el trabajador por otras que no tengan peligrosidad o se disminuya en ella drásticamente (art. 15 de la Ley 31/1995), viene relacionado con el Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, sobre protección del medio ambiente, donde nos dice que en el plazo de cuatro años los productores de residuos peligrosos (entre los que se encuentran los residuos generados por las actividades relacionadas con el uso de colorantes metálicos en la industria serigráfica) deberán elaborar y remitir a las Comunidades Autónomas respectivas un estudio de minimización de dichos residuos por unidad producida, comprometiéndose a reducir la producción de residuos peligrosos en la medida de sus posibilidades, relacionado ello con la sustitución de materias primas que contienen los denominados metales pesados, altamente peligroso para el medio ambiente, por otros que acarreen una peligrosidad intrínseca menor, reduciendo, por tanto, la peligrosidad de los residuos generados en cada operación.

Viene esto encaminado a conceder el debido interés a los clientes, al medio ambiente y a los empleados, para reconocer y mantener al día un Sistema de Gestión Integrado de Calidad, medio Ambiente y Seguridad como medio para proteger la integridad y la salud de las personas, las instalaciones, el medio ambiente y la producción, considerando que estas funciones tienen el mismo nivel de importancia y trascendencia que la fabricación, la comercialización, etc., por su incidencia beneficiosa en los resultados de la gestión global de la organización empresarial.

Por todo ello se buscó la obtención y caracterización de nuevos pigmentos inorgánicos de baja toxicidad mediante procedimientos de síntesis característicos de la química suave. Debemos recordar que la mayoría de las Administraciones Públicas de los países desarrollados han elaborado normativas que limitan, y previsiblemente prohíban en un futuro próximo, el uso de materias que originen efectos perniciosos sobre el medio que nos rodea, así como sobre la salud de los trabajadores. Ello supondrá una gran incidencia en la economía de cualquier país desarrollado, especialmente en el caso de España, que es



Los colores cerámicos son proporcionados invariablemente por compuestos inorgánicos.

el segundo productor mundial en el sector de la cerámica. Por tanto, la investigación en el desarrollo de nuevos sistemas pigmentarios es importante para un buen desarrollo económico.

Incluido en el objetivo citado anteriormente, debemos destacar un objetivo puntual de importancia tecnológica: la síntesis de nuevos pigmentos inorgánicos que proporcionen tonalidades rojas y que sean aplicables en serigrafía. Idealmente, estos pigmentos deberán estar basados en elementos de fácil accesibilidad, bajo coste económico y moderada toxicidad (menor que la de uranatos de sodio, óxidos de plomo y sulfoseleniuros de cadmio), mejorando las tonalidades rojas

obtenidas mediante óxidos de hierro y de plomo.

### SÍNTESIS DE PIGMENTOS ROJOS NO PELIGROSOS

Todos los compuestos que se describen en este artículo se han sintetizado siguiendo el procedimiento hidrotérmico. Se utilizaron autoclaves de acero que contienen un recipiente interior de teflón.

La mezcla de reactivos (los productos son Merck de calidad analítica, sin purificación posterior) se realizó siguiendo el procedimiento que se describe a continuación. Una determinada cantidad de  $M_2HPO_4$  sólido (o mezcla de  $M_2HPO_4$  y  $M'_2HPO_4$  homogeneizada íntimamente,  $M=K$ ,  $M'=Na$ , equivalente a 0,34 mol de fosfato, se depositó en el recipiente de reacción. Sobre la masa de sólido se añadieron 17 ml de una disolución 1 M de  $NiCl_2$  y 6 ml de agua desionizada. Posteriormente, la mezcla se agitó vigorosamente hasta la dispersión completa del sólido en la fase líquida. Finalmente, el recipiente se cerró herméticamente y se llevó a una temperatura de 180 °C a la presión autogenerada por la vaporización de los compuestos que contiene la mezcla. Bajo estas condiciones, la reacción continuó durante seis días. Transcurrido ese tiempo, el sólido obtenido se lavó con agua desionizada y se secó al aire a temperatura ambiente.

*El empresario es el deudor de la seguridad de sus trabajadores.*



Los compuestos obtenidos por secado al aire de los sólidos sintetizados hidrotérmicamente no tienen ningún valor desde el punto de vista de la definición técnica de pigmento. Para alcanzar dicha categoría han de ser sometidos a tratamiento térmico en las condiciones adecuadas. En el proceso de calcinación se eligió una velocidad de calentamiento de 100 °C/h, con un tiempo de retención de ocho horas y a temperaturas sucesivas de 850 y 1050 °C. Debe destacarse que estas dos temperaturas son las utilizadas más habitualmente en la decoración industrial de cerámica esmaltada.

La calcinación se realizó en crisoles de alúmina. Después se procedió a la molienda del material en un mortero de ágata. Para evitar que el material calcinado contuviera sales solubles en agua que pudiesen afectar a la calidad del color o provocar problemas de floculación al agregarse a los esmaltes, se lavaron con agua desionizada hasta la eliminación de los compuestos solubles. Después del lavado se volvió a moler el material hasta un tamaño de partícula inferior a 10 μm, imprescindible para que el pigmento pueda atravesar la trama de las pantallas utilizadas en la industria serigráfica.

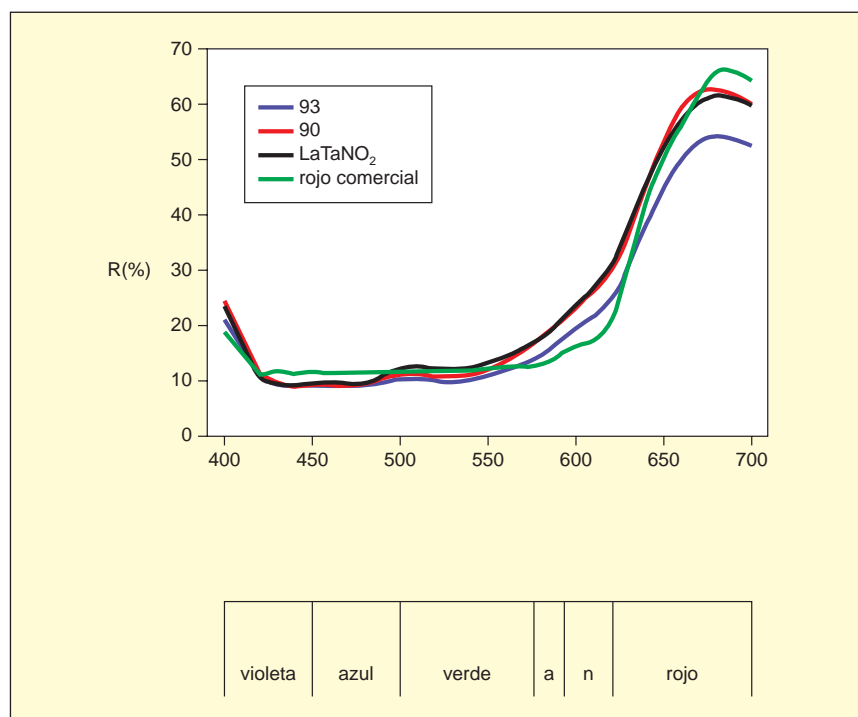
Los fosfatos de níquel que se describen en el presente artículo tienen como principal objetivo su aplicación en la industria serigráfica, por lo que es fundamental observar el desarrollo del color que manifiestan cuando se someten a tratamientos térmicos a temperaturas elevadas. Tanto a 850 como a 1050 °C se observa el desarrollo de color rojo, que se corresponde en el espectro de reflectancia difusa, con fuertes absorciones a longitudes de onda del orden de 640 nm.

El Hgl<sub>2</sub>, evidentemente, no puede ser utilizado como pigmento cerámico. Sin embargo, presenta una tonalidad roja brillante que suele ser considerada como la óptima que debería poseer un pigmento cerámico de color rojo. Por esa razón suele utilizarse como referencia en la discusión de la calidad de los pigmentos rojos de uso serigráfico. En la Tabla 1 se comparan en términos numéricos (coordenadas

Lab) los materiales sintetizados con los datos obtenidos experimentalmente para el Hgl<sub>2</sub>. Debemos recordar que la calidad de un pigmento rojo estará favorecida por elevados valores de luminosidad (L), participación roja alta (a > 0). En todos los fosfatos de níquel la luminosidad es semejante, estando comprendida entre el 80 y el 99 por ciento de la luminosidad del Hgl<sub>2</sub>, pero, como se discutirá más adelante, en el rango usual de los mejores pigmentos cerámicos comerciales. En cuanto al parámetro b, toma siempre valores positivos, indicando la presencia de componentes azules.

gura 3 se incluye el espectro de un compuesto tipo perovskita, de síntesis muy reciente y propiedades excepcionales como pigmento rojo (5). Puede observarse que la tonalidad roja del compuesto 90 a 850 °C es semejante a la de los pigmentos citados. Debe destacarse, además, que los compuestos descritos en este artículo presentan escasos problemas medioambientales, así como de seguridad y salud de los trabajadores, frente a la elevada toxicidad de los sulfoseleniuros de cadmio, y un coste de producción bajo, frente al precio elevado del oxinitruro de lantano-tántalo.

**FIGURA 3. Espectros de reflectancia difusa de las muestras 90 y 93, comparados con el rojo de cadmio (pigmento rojo comercial) y LaTaNO<sub>2</sub> (5).**



Para evaluar la posible aplicación de estos compuestos como pigmentos cerámicos en la industria serigráfica, sus espectros deben ser comparados con el pigmento rojo comercial por antonomasia, el rojo de cadmio y los óxidos de plomo. Además, en la fi-

## REFERENCIAS

- (1) L.M. SHEPPARD (1993): Am. Ceram. Soc. Bull., 72, 31.
- (2) A. BURGYN, (1983): Eppler, Ceram. Bull., 62, 1001.
- (3) F. BONDIOLI Y T. MANFREDINI (2000), Am. Ceram. Soc. Bull., 70, 68.
- (4) R. OLAZCUAGA, G. LE FLEM Y J. ALARCON (1993), Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr., 32, 307.
- (5) M. JANSEN Y LET SCHERT (2000), Nature, 404, 980.
- (6) P. BUGNON (1996), Prog. Org. Coating, 29, 39.
- (7) *Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos*, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- (8) O. M. 9/4/86, artículos 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 12 y 13.

**TABLA 1. Coordenadas tricromáticas de muestras tratadas térmicamente (temperatura entre paréntesis) y del Hgl<sub>2</sub> como referencia.**

Pigmento	L	a	b
90 (1.050 °C)	42,50	8.46	6.48
90 (850 °C)	47,36	24.41	16.80
93 (1.050 °C)	41,90	17.67	8.32
93 (850 °C)	44,46	21.49	12.61
Hgl <sub>2</sub>	52,10	47.20	3.22