

# UNA HERRAMIENTA SENCILLA DE MEDICIÓN DEL COLOR EN UN ESMALTE CERÁMICO Y SUS POSIBILIDADES.”

María Florencia Acebedo - María Florencia Serra - Nicolás M. Rendtorff

CETMIC: Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica, CIC-  
CONICET  
Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Bellas Artes

## Resumen

El color es un elemento de composición fundamental en una obra artística. Por medio del cual podemos representar emociones, sentimientos y dar carácter a una obra; resaltando la forma, contradiciéndola, acentuándola, etc. El color de por sí implica una simbología que dependerá tanto del colectivo social como del bagaje cultural de cada individuo.

Cuando hablamos del color en la cerámica no solo nos referimos a una paleta de colores; sino también al proceso físico químico del mismo. En la pintura, ya sea que utilicemos oleos, acrílicos, acuarelas, etc. observamos mientras pintamos el resultado final; se pueden generar luces, sombras, o remplazar un color por otro instantáneamente. A diferencia del color en una obra cerámica que es dado por óxidos, pigmentos, esmaltes o la propia pasta.

El esmalte cerámico es una composición de compuestos inorgánicos, cristalinos o no, en polvo seco que se diluyen en agua para su aplicación, sea a pincel, pulverizado, sumergido, etc. El resultado final se observa luego de su tratamiento térmico. Recién allí se visualiza el color y sus diversas propiedades; la textura, la superficie; mate, brillante, opaca, transparente, cubriente, etc. El resultado final de un esmalte cerámico depende de un proceso que posee diversas variables: la composición química, la técnica de aplicación, la atmósfera y el tratamiento térmico.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una herramienta sencilla de medición del color en el esmalte cerámico, para descomponerlo de manera cualitativa y cuantitativamente para luego poder interpolar resultados y posibilidades e implicancias en la producción de sentido en una obra cerámica.

Se aplicaron una serie de esmaltes comerciales modificados y se caracterizó tanto los procesos químicos que sufrieron como las propiedades finales de los mismos. En particular se evaluó el color resultante mediante una técnica sencilla desarrollada para este fin basada en el análisis de imágenes digitales y posterior tratamiento con software del diseño gráfico.

Se logró obtener los distintos valores en los espacios de color (RGB y CIELab) lo que permitió ponderar cuantitativamente los colores obtenidos.

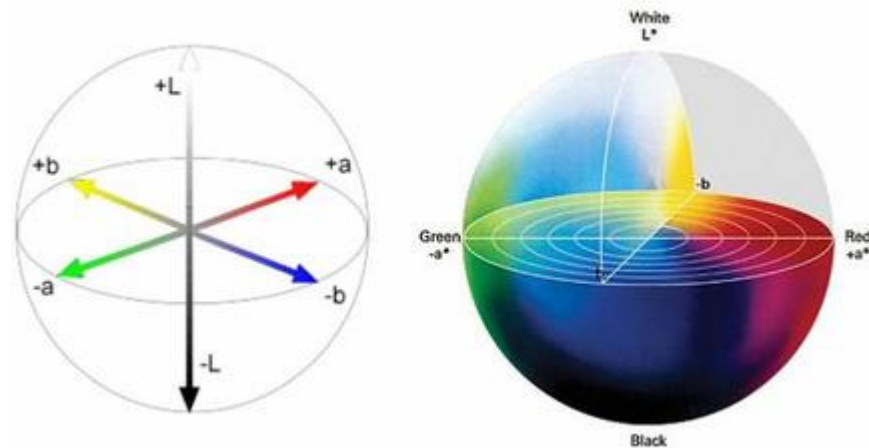
El estudio de esmaltes cerámicos modificados con óxido de cobre realizado permitirá la reproducción, comparación y constatación de resultados visuales; concluyendo que mediante una metodología de trabajo sistemática se podría predecir el resultado final de un esmalte cerámico; generando mezclas propias con distintas cualidades “controladas” que pueden ser utilizadas como recurso plástico de una obra cerámica artística. Esta metodología podría ser replicada para otros óxidos y/o pigmentos.

## 1. Introducción

El color es un elemento de composición fundamental en una obra artística. Por medio del cual podemos representar emociones, sentimientos y dar carácter a una obra; resaltando la forma, contradiciéndola, acentuándola, etc. El color de por sí implica una simbología que dependerá tanto del colectivo social como del bagaje cultural de cada individuo.

El color es un fenómeno físico de percepción visual, que se asocia a la variación de longitudes de onda del espectro visible y al sentido físico de la vista. Podemos describir cuantitativamente las diferencias de tonalidad color y valor a partir de los distintos

modelos cromáticos: Un modelo de color es un modelo matemático abstracto que permite representar los colores en forma numérica, utilizando típicamente tres o cuatro valores o componentes cromáticas [Apuntes cátedra de física FBA UNLP]. Es decir, un modelo de color se sirve de una aplicación que asocia a un vector numérico un elemento en un espacio de color. Los modelos de color más utilizados son: **RGB** basado en la teoría aditiva de color: Se usan 3 fuentes de luz que proporcionan luz :azul; violeta - verde – roja regulándolas de menor a mayor intensidad se logran todos los colores posibles. La superposición de las 3 luces da lugar a luz blanca. El modelo **CMYK** es definido por la teoría sustractiva. Se parte de pigmentos o filtros que absorben una parte de la luz y dejan pasar otras. Los filtros o pigmentos cian, magenta y amarillo sustraen diferentes cantidades de rojo, verde y azul de la luz blanca para ofrecer una gama limitada de colores del espectro, pero diferente a los de RGB. El modelo **CIE LAB** es creado por la CIE Commission Internationale d'Eclairage (Comisión Internacional de la Iluminación), que elaboró estándares que permiten definir el color independientemente del dispositivo periférico que se utilice. Basándose en la percepción del color que tiene el ojo humano, a partir del estímulo triple. Luego de haber realizado otros modelos, en 1976 se desarrolló el modelo  $L^*a^*b^*$  o también llamado **CIE Lab**; en el que se indican los colores según tres valores: L, luminancia, expresado como porcentaje desde el 0 que indica negro, hasta 100 que indica blanco.  $a^*$  y  $b^*$  indican el tono y la intensidad, dos gamas de colores que van desde el verde al rojo y desde el azul hasta el amarillo respectivamente, con valores que van del -120 al +120. Siendo  $a^+$  rojo,  $a^-$  verde; y  $b^+$  amarillo y  $b^-$  azul. El modelo  $L^*a^*b^*$  abarca todo el espectro de visión del ojo humano y lo representa de manera uniforme, esto hace posible describir todos los colores visibles independientemente de cualquier tecnología gráfica. Incluye los modelos RGB y CMYK. Por lo tanto los valores obtenidos serán utilizados con este sistema de color que garantiza homogeneidad en los resultados.



**Figura 1: A) representación de los ejes del espacio de color Cielab. B) Colores en el espacio del color CIE Lab.**

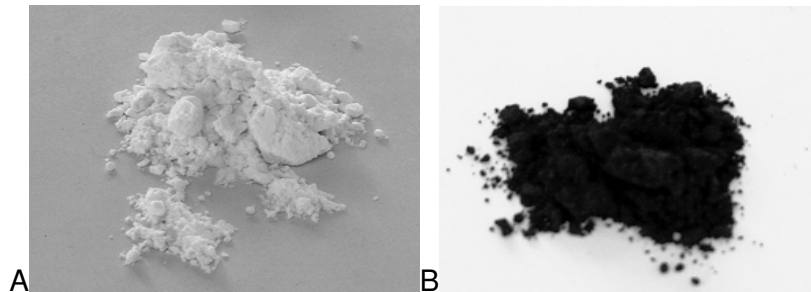
La Figura 1 muestra claramente las coordenadas de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Todos los colores con la misma luminosidad en el eje vertical (eje  $L^*$ ) se encuentran en un plano circular cruzados por los ejes  $a^*$  y  $b^*$ . El extremo superior  $L^*$ , representa al blanco. En la base,  $L^-$ , representa al negro. Los ejes  $a^*$  y  $b^*$  controlan el tono y la intensidad. El extremo  $a^+$  representa al rojo. El extremo  $a^-$  representa al verde. Mientras que el extremo  $b^+$ , representa al amarillo. El extremo  $b^-$  representa al azul. Los ejes  $a^*$  y  $b^*$  se entrecruzan en un gris neutro. La distancia desde la intersección del gris neutro con los ejes  $a^*$  y  $b^*$ ,

define la intensidad. Cualquier color puede ser representado en este espacio si posee las tres coordenadas.

Cuando hablamos del color en la cerámica no solo nos referimos a una paleta de colores; sino también al proceso físico químico del mismo. En la pintura, ya sea que utilicemos oleos, acrílicos, acuarelas, etc. observamos mientras pintamos el resultado final; se pueden generar luces, sombras, o remplazar un color por otro instantáneamente. A diferencia del color en una obra cerámica que es dado por óxidos, pigmentos, esmaltes o la propia pasta.

El esmalte cerámico es una composición de compuestos inorgánicos, cristalinos o no, en polvo seco que se diluyen en agua para su aplicación. El resultado final se observa luego de su tratamiento térmico. Recién allí se visualiza el color y sus diversas propiedades; la textura, la superficie; mate, brillante, opaca, transparente, cubriente, etc.

Las materias primas de un esmalte se las puede agrupar en tres según su función: *elementos fundentes, elementos refractantes u opacificantes y elementos vitrificantes.*



**Figura 2: A) Imagen de microscopia electronica de barrido (MEB) del esmalte transparente . B) Imagen digital del óxido de cobre.**

Los elementos químicos que componen un esmalte cerámico serian en primer lugar la sílice; luego un vehículo que baje el punto de fusión de la sílice y por ultimo un elemento estabilizador que mantenga las características de la mezcla durante la cocción. Por lo tanto; en la composición de un esmalte se encuentran tres grupos de materiales que según su calidad y efecto se dividen en; grupo alcalino, grupo del aluminio y grupo ácido.

“Un esmalte es una sustancia de naturaleza vítrea que se aplica en forma de capa delgada sobre un soporte cerámico “en verde”: monococción, o sobre “bizcocho” o soporte cerámico cocido (aunque también se aplican esmaltes sobre metal), constituido esencialmente por silicatos y borosilicatos complejos.”[MoralesGüeto, Juan]

El óxido de cobre  $Cu_2O$ - Oxido cuproso se halla en una forma natural mineral que se pre-muele fácilmente y se emplea como color en la decoración o se mezcla con el esmalte. Ofrece la posibilidad de obtener una escala amplia de verdes y azules; según con el esmalte que sea mezclado. Reacciona de manera muy diferente ante un esmalte alcalino que ante un esmalte con plomo. Se obtienen buenos verdes mezclado en esmaltes con plomo. Y diferentes turquesas en esmaltes alcalinos. Además su reacción es distinta si es horneado en una atmosfera reductora u oxidante. Dará verdes o verde-azules en atmosfera oxidante; mientras que en reducción se convierte en cobre metálico, rojos cobrizos o los llamados rojos sangre de buey [Fernández Chiti, Jorge]. A modo de ejemplo en la figura 2 se observa una imagen del óxido de cobre en polvo y una imagen del esmalte transparente (ya formulado) tomada en un microscopio electrónico de barrido.

Al aumentar la temperatura se puede constatar una cierta volatilidad del cobre. Se evapora o se destiñe sobre los objetos que estén próximos en el horno. Por lo tanto se debe dejar un espacio considerable en la disposición de las piezas dentro del horno. El resultado final de un esmalte cerámico depende de un proceso que posee diversas variables: la composición química, la técnica de aplicación, la atmosfera y el tratamiento térmico.

## **2. Objetivos**

El objetivo del presente trabajo es caracterizar cuantitativamente en algún espacio del color la influencia de la adición de óxido de cobre en un determinado esmalte, particularmente en un esmalte comercial transparente brillante plúmbico de baja temperatura (1020°C-1040°C). Para lo cual se desarrolló una herramienta sencilla de medición del color en el esmalte cerámico, lo cual se transformó en un segundo objetivo del presente trabajo.

Una vez lograda esta herramienta permitirá descomponer al color de manera cualitativa y cuantitativamente para luego poder interpolar resultados y posibilidades e implicancias en la producción de sentido en una obra cerámica. A su vez esta herramienta podría ser utilizada en nuevos y diversos esmaltes para estudiar otras variables de procesamiento.

## **3. Metodología**

Se estudiaron las teselas elaboradas con esmaltes comerciales transparentes de plomo modificados con óxido de cobre en distintas proporciones (0,5;1;2y 4%) las cuales se hornearon en un rango de temperatura de entre 800°C a 1100°C (Horno eléctrico oxidante a 5 °C/min y una meseta de 15 min). Los esmaltes preparados con un 50% de agua en molino de bolas (60 minutos) fueron aplicados a pincel sobre las teselas de (3x2x1 cm 3) de arcilla blanca lisa (Chilavert SA, Argentina) previamente bizcochada a 1040°C (horno eléctrico oxidante).

Las diferentes variables (contenido de óxido y temperatura) darán lugar a una serie de esmaltes coloreados con diferentes características visuales; se caracterizó tanto los procesos químicos que sufrieron como las propiedades finales de los mismos. En particular se evaluó el color resultante mediante una técnica sencilla desarrollada para este fin basada en el análisis de imágenes digitales y posterior tratamiento con software del diseño gráfico que se describe a continuación. Mientras que los procesos químicos fueron evaluados por Difracción de Rayos X (DRX), Análisis Térmico diferencial (ATD) y termogravimétrico (TG) , sin embargo dichos resultados no son exhibidos en el presente trabajo debido a la complejidad química que nos es pertinente para el espacio de las presentes Jornadas (JIDAP 2012). Los mismos serán publicados en otro congreso este mismo año (Argencolor 2012, Resistencia Chaco, Argentina).

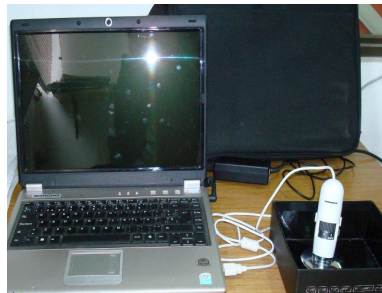
La mencionada metodología consiste en utilizar un microscopio USB (RoHS USB Digital Microscope, 2.0 Megapixel Digital Camera, China) de bajo costo que se observa en la figura 3. El mismo posee sus propias luces (LED) para iluminar las muestras. El equipo se utiliza de la misma manera que una web-cam digital conectada a una PC. Esta configuración se la puede ver en la figura 4. El software del equipo permite tomar tanto fotografías como videos digitales. Se tomaron fotografías de los esmaltes en condiciones tales que no ingresara luz que modifique los resultados, obturando la luz externa del ambiente generando una cámara oscura con un paño.

De esta manera, las imágenes de todos los esmaltes estudiados fueron tomadas en las mismas condiciones para poder comparar e interpolar los resultados, analizándolos en un

software propio de la industria gráfica (Corel Draw X3). Se realizó una planilla con la toma de 10 puntos de cada fotografía para realizar un promedio de las mismas. Con este software se logró descomponer el color en los espacios de color RGB, CMYK y CIELab. Con la cual queda definido un color para cada muestra cerámica. De esta manera se constatan los resultados visuales para poder compararlos con otros, reproducirlos e interpolar resultados.



**Figura 3: Microscopio digital USB utilizado**



**Figura 4: Configuración experimental.**

#### 4. Resultados



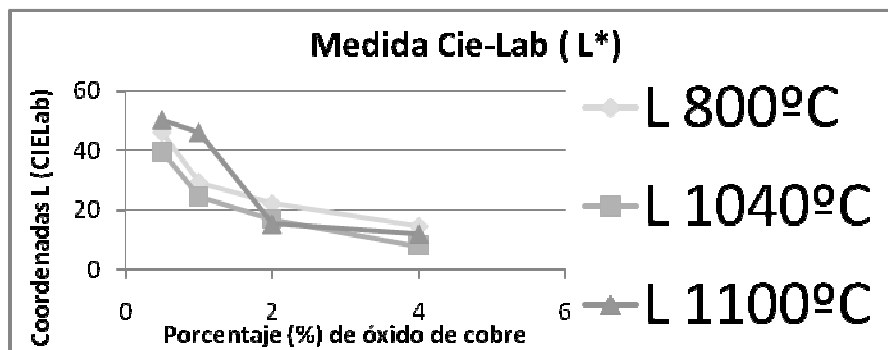
**Figura 5: Imagen de todos los esmaltes estudiados.**

La figura 5 muestra una fotografía de las teselas elaboradas, se observa claramente los degrade de color por diferencia de contenido de óxido colorante (decrece hacia abajo) y temperatura de cocción (crece hacia la derecha). Mientras que la figura 6 muestra las imágenes de una de las series estudiadas y analizadas mediante la metodología propuesta.

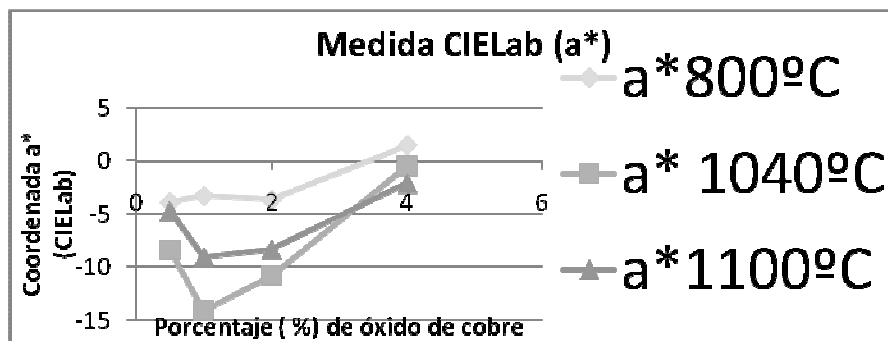


**Figura 6: Imagen digital tomada con el microscopio de los esmaltes horneados a 1040°, 0.5, 1, 2, 4 % de Ox. de cobre respectivamente.**

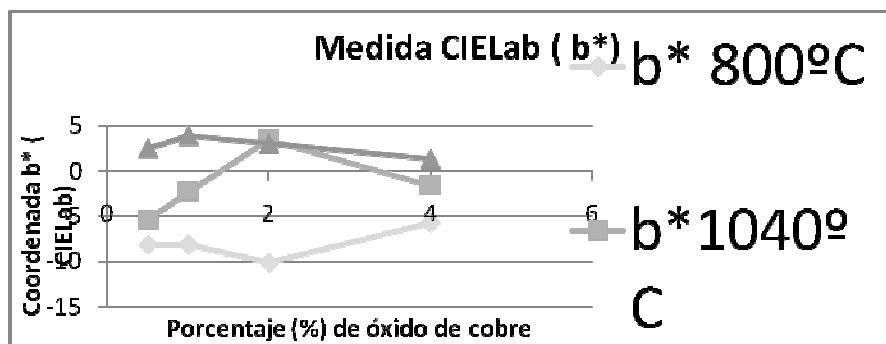
Las figuras 7, 8 y 9 muestran los resultados de las coordenadas del espacio de color CIELab de los distintos esmaltes estudiados.



**Figura 7: coordenada L (luminosidad) de los esmaltes estudiados.**



**Figura8: coordenada a\* (rojo verde) de los esmaltes estudiados.**



**Figura9: coordenada b\* (azul amarillo) de los esmaltes estudiados.**

Los valores obtenidos gracias a los gráficos CIE L\*a\*b\* indican que la variable L\* (luminosidad) decrece con respecto al porcentaje (%) de óxido de cobre agregado al esmalte. Considerando L+ blanco; L- negro. El resultado indica que el agregado de óxido decrece la luminosidad del color. Este hecho se observa a las tres temperaturas estudiadas.

Las variables a\* y b\* ponderan el color (figuras 8 y 9). Como era de esperar los valores observados para a\* son negativos en todos los casos ya que este indica color verde. (Valores positivos indicarían rojo). La leve tendencia hacia el azul observada en los colores de los esmaltes (turquesa) se vio manifestada con valores negativos de la coordenada b\*.

En lo que respecta a la influencia de la temperatura de cocción de los esmaltes cerámicos, no se observó importantes diferencias entre los esmaltes horneados a 1040 y 1100°C. Los esmaltes infra cocidos (800°C) sí fueron notablemente diferentes. La coordenada a\* presentó menor valor absoluto y la coordenada b\* fue levemente mayor, lo que indica que el color resultante fue menos verde y más azul.

El resultado visual fue una amplia paleta de tonos análogos realizados con una misma base de esmalte; que nos permiten jugar con combinaciones, generando mezclas propias con distintas cualidades “controladas” que pueden ser utilizadas como recurso plástico de una obra artística.

Debido a este análisis podemos constatar los resultados visuales en gráficos comparativos que indican lo que perceptivamente podemos observar; y de esta manera corroborar estos resultados.

Se podrá predecir el color obtenido con la incorporación de óxido de cobre en estas proporciones como así también siguiendo la curva del gráfico prever el resultado final de un esmalte entre medio de las proporciones utilizadas.

## 5. Conclusiones

Se desarrolló una metodología sencilla de estudio del color de piezas cerámicas. Mediante la utilización de un microscopio digital y un software de amplia difusión en la industria gráfica. El mismo puede ser utilizado para estudiar no solo esmaltes sino también pastas cerámicas.

Se logró caracterizar cuantitativamente los colores resultantes de la incorporación de óxido de cobre sobre una base de esmalte transparente comercial.

Se obtuvieron los distintos valores en los espacios de color (RGB, CMYK y CIELab). Posteriormente fue elegido debido a sus características los valores obtenidos del estudio en espacio de color CIELab.

El estudio de esmaltes cerámicos modificados con óxido de cobre realizado permitirá la reproducción, comparación y constatación de resultados visuales; concluyendo que mediante una metodología de trabajo sistemática se podría predecir el resultado final de un esmalte cerámico; generando mezclas propias con distintas cualidades "controladas" que pueden ser utilizadas como recurso plástico de una obra cerámica artística. Esta metodología podría ser replicada para otros óxidos y/o pigmentos. La misma se está llevando adelante en estos momentos en nuestro laboratorio del CETMIC.

## 6. Referencias

Apuntes de Cátedra: Color. Cátedra de Física. Departamento de Diseño y Comunicación Visual. Facultad de Bellas Artes. UNLP (2011).

Acebedo, M. Florencia; Serra, M. Florencia, Rendtorff, Nicolás. El color en esmaltes cerámicos modificados. Una herramienta sencilla de medición del color en un esmalte cerámico y sus posibilidades. Jornada Nacional del Color en las Artes 2012, GAC-IUNA. Junio 2012. Actas P25-26. Ed: Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata ISBN 978-987-544-445-4

Acebedo, Maria Florencia, Serra Maria Florencia, Esteban F. Aglietti, Nicolas M. Rendtorff. Estudio y caracterización del color en esmaltes cerámicos comerciales modificados con óxidos de cobre y de cromo, Argencolor 2012- 10° Congreso Argentino del Color, Chaco Argentina. (Aceptado).

Aronson Natalia; Maria Florencia Acebedo; Maria Florencia Serra, Gustavo Suárez, Esteban F. Aglietti, Nicolás M. Rendtorff. Correlación entre la temperatura de cocción, el color y las propiedades mecánicas de una pasta cerámica natural, Argencolor 2012- 10° Congreso Argentino del Color, Chaco Argentina.

Caruso, Nino. Cerámica viva. Hoepli. Milano C.A. C.O (1993)

Cosentino, Peter. Enciclopedia de técnica cerámica. Editorial Acanto. Barcelona C.O. (1991)

FERNANDEZ CHITI, JORGE. Diagnóstico de materiales cerámicos. Editorial Paradox. Bs AS, Argentina.

FERNANDEZ CHITI, JORGE. Curso práctico de cerámica. Editorial Condorhuasi. Séptima edición. BS As, Argentina. 2006.

FERNANDEZ CHITI, JORGE. Manual de esmaltes cerámicos. Editorial Olmo. BS As, Argentina. 2004

Mari, Eduardo A. Los materiales Cerámicos. Un enfoque unificador sobre las cerámicas tradicionales y avanzadas, los vidrios, los cementos, los refractarios, y otros materiales inorgánicos no metálicos, Editorial Alsina.

Matthes Wolf. Vidriados Cerámicos. Ed. Omega. Barcelona C.O. (1990)

Morales Güeto, Juan, Tecnología de los Materiales Cerámicos. Diaz de Santos. Comunidad de Madrid.

Norton, F. H. Cerámica para el artista alfarero. Compañía Editorial Continental. México C.O. (1968)

Peterson, Susan. Artesanía y arte en barro. La Isla. Bs. As. C.O – C.A. (1997)

Serra, M. Florencia; Acebedo, M. Florencia; Rendtorff, Nicolás, El color en la evolución térmica de una pasta cerámica natural. Jornada Nacional del Color en las Artes 2012,



GAC-IUNA. Junio 2012. Actas P49-50. Ed: Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata ISBN 978-987-544-445-4.