

Los secretos del azul de esmalte: *Quaderni di fornace*

Beatriz de los Reyes FélixUniversidad Complutense de Madrid **Patricia de los Reyes Félix**Investigadora independiente **Marta Plaza Beltrán**Universidad Complutense de Madrid <https://dx.doi.org/10.5209/dmae.98081>

Recibido: 23/9/2024 • Aceptado: 26/1/2025 • Publicado en línea: 1/7/2026

Resumen: El azul de esmalte tiene una larga historia como pigmento artístico a pesar de los problemas de estabilidad asociados a su uso. Nacido como colorante para la industria del vidrio, muchos artistas se dieron cuenta de su versatilidad, dando el salto a la paleta pictórica a principios del Renacimiento. El objetivo principal de este trabajo ha sido identificar, interpretar y comparar las diversas recetas procedentes de fuentes escritas europeas, y en especial de los llamados *Quaderni di fornace*, que describen la preparación del llamado azul de esmalte apto para pintores, recogido también bajo el término azul de pintores, con el fin de rastrear la evolución de este material pictórico a lo largo de los siglos. Para ello se han analizado las diferentes variedades de este pigmento que se podían encontrar en el mercado, tanto las destinadas a la industria del vidrio como a fines artísticos. El estudio detallado de los procesos de obtención, síntesis y variaciones compositivas del pigmento azul de esmalte descritas en estas fuentes ha permitido comprobar la existencia de numerosas variantes en las fórmulas para su fabricación, destinadas a proporcionar no sólo diferentes tonalidades, sino también distintas calidades en función del uso al que se destinaba, incluso dentro de una misma variedad, como en el caso del azul de pintores.

Palabras clave: Azul esmalte; *Quaderni di fornace*; Manuscritos; Fuentes históricas escritas; Venecia; Industria vidriera.

ENG The secret of blue smalt: *Quaderni di fornace*

Abstract: Blue smalt has a long history as an artistic pigment despite the stability problems associated with its use. Born as a colorant for the glass industry; many artists became aware of its versatility; making a leap to the pictorial palette at the beginning of the Renaissance. The main objective of this work has been to identify; interpret and compare the various recipes from European written sources; and especially from the so-called *Quaderni di fornace*; which describe the preparation of the so-called enamel blue suitable for painters; also collected under the term painters' blue; in order to trace the evolution of this pictorial material over the centuries. For this; the different varieties of this pigment that could be found on the market have been analyzed; both those intended for the glass industry and for artistic purposes. The detailed study of the processes of obtaining; synthesis and compositional variations of the blue enamel pigment described in these sources has made it possible to verify the existence of numerous variants in the formulas for its manufacture; intended to provide not only different shades; but also different qualities depending on the use for which it was intended; even within the same variety; as in the case of painters' blue. Keywords: Blue smalt; *Quaderni di fornace*; Manuscript; Historical written sources; Venetia; Glass industry.

Sumario: 1. Introducción. 2. Objetivo principal y Metodología. 3. Contextualización histórica. 4. Las denominaciones del azul de esmalte en las fuentes escritas. 5. El azul de esmalte en los manuscritos vidrieros: *Quaderni di fornace*. 6. Recetas para la obtención del azul de pintores. 7. Resultados: comparativa de los *Quaderni di fornace*. 8. Conclusiones. 9. Referencias bibliográficas

Cómo citar: De los Reyes Félix, B; De los Reyes Félix, P.; Plaza-Beltrán, M. "Los secretos del azul de esmalte: *Quaderni di fornace*". *De Medio Aevo* 15/2, 1-12. <https://dx.doi.org/10.5209/dmae.98081>

1. Introducción

La inclusión del azul esmalte como pigmento dentro de la paleta artística en la pintura europea no es precisa, si bien es cierto que es muy probable que este pigmento fuera conocido con anterioridad, ya que existen diversas referencias que así lo enmarcan¹. El uso de minerales de cobalto como colorante para la obtención de vidrios de color azul, puede rastrearse hasta la antigua Mesopotamia como atestiguan las primeras descripciones de producción de vidrio, recopiladas en las tablillas de arcilla del siglo XVII a.C.², donde esta tecnología era empleada principalmente para la fabricación de piedras de imitación como el lapislázuli³. Desde allí se extenderá a Egipto, comenzando a producirse en masa durante la Dinastía XVIII⁴, principalmente para crear pequeñas piezas que imitaban las características de minerales mucho más costosos como la azurita⁵, o el anteriormente comentado lapislázuli (fig.1). Este parecido con productos mucho más costosos pudo ser la razón de su introducción como pigmento artístico en Europa, alcanzando su apogeo durante los siglos XVI y XVII, debido principalmente al alza de precios y a la escasez de pigmentos de color azul.

Histórica y tradicionalmente se ha considerado como uno de los principales centros productores o introductores del azul esmalte en la paleta europea a la hermandad laica de los jesuitas, perteneciente al Convento de *San Guisto alle Mura* (Florencia), puesto que fue uno de los principales centros productores de pigmentos, especializados en la producción de pigmentos azules, y desde donde se cree que dio el salto a la industria del vidrio de Murano durante la Edad Media, para finalmente terminar siendo usado como pigmento para artistas⁶. La correlación entre el uso del esmalte como pigmento y su empleo como colorante tendrá su origen en el desarrollo de las técnicas del vidrio esmaltado, aunque inicialmente fue poco adoptado por los pintores al disponer de azules de calidad superior, como el ultramar y la azurita.

Serán los pintores de la escuela veneciana, quienes comenzarán a generalizar el esmalte durante el XVII, ya fuese solo o mezclado con lapislázuli, en un intento de abaratar costes, empleándolo especialmente para la realización de fondos y celajes, así como para la pintura mural a pesar de los

inconvenientes asociados a su uso en la pintura al óleo⁷.



Figura. 1. Djed-pillar. Amuleto egipcio realizado en vidrio coloreado a imitación del lapislázuli. XVIII Dinastía. Museo Británico

A pesar de ello, serán numerosos los textos que mencionen o recojan instrucciones para el uso del azul esmalte como pigmento para artistas, perteneciendo estos a diferentes épocas y tipologías. Destacarán principalmente los tratados para artistas y recetarios, mucho más descriptivos tanto en el uso como en sus diferentes aplicaciones.

Aunque estos textos proporcionan una valiosa información serán los manuscritos vidrieros los que aporten la mayor cantidad de datos sobre los procesos de producción de los diferentes materiales empleados para la obtención del producto final, así como la transmisión de conocimientos técnicos de la época. Es interesante en este sentido el estudio de los llamados *Quaderni di fornace*, antiguos recetarios pertenecientes a la industria vidriera, que pueden convertirse en una importante fuente de información sobre las antiguas prácticas industriales. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los diferentes trabajos de investigación existentes se han centrado en la transcripción de las recetas contenidas en ellos y rara vez exponen las posibles relaciones entre los distintos tratados.

2. Objetivo principal y metodología

El objetivo principal de esta investigación ha sido identificar, interpretar y comparar las diversas recetas procedentes de fuentes escritas europeas, y en especial de los llamados *Quaderni di fornace*, que contienen alguna descripción sobre la preparación del llamado azul de esmalte apto para pintores, recogido también bajo el término azul de pintores, con el

¹ J Gettens & G Stout, *Painting Materials: A short Encyclopedia*. (Editor: Dover books on art instruction, anatomy). New York: Dover Publications 1996.

² Robert H. Brill, "Some Chemical Observations on the Cuneiform Glassmaking Texts," *Annales du 5e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, Liege: Edition du Secretariat General, 1972, pp. 329-335.

³ H. Garner, An Early Piece of Glass from Eridu. *Iraq*, 18 (2), 1956, pp. 147-149.M

⁴ Farnsworth & P. Ritchie, Spectroscopic studies on ancient glass: Egyptian glass, mainly of the eighteenth dynasty, with special reference to its cobalt content. Technical studies in the field of the fine arts, 1938 6 (3), pp 155-173. [8].

⁵ C Brons, Ancient colours: perspectives and methodological challenges. In the value of colour (Shiyanthi Thavapalan and David A. Warburton, Eds.), Edition Topoi, Berlin Studies of the Ancient World, 70, 311-337.2019

⁶ G. Cavallo, M.G Riccardi. Glass based pigments in painting: Smalt blue and lead -tin yellow type II. *Archaeological and Anthropological Sciences* (2021) 13: 199

⁷ R Laurianne, M., Spring, S., Pages-Camagna, D., Vantelon, & N. Trcera, Investigation of the Discoloration of Smalt Pigment in Historic Paintings by Micro-X-ray Absorption Spectroscopy at the Co K-Edge. *Analytical Chemistry*, 2011, 83 (13), pp 5145-5152.

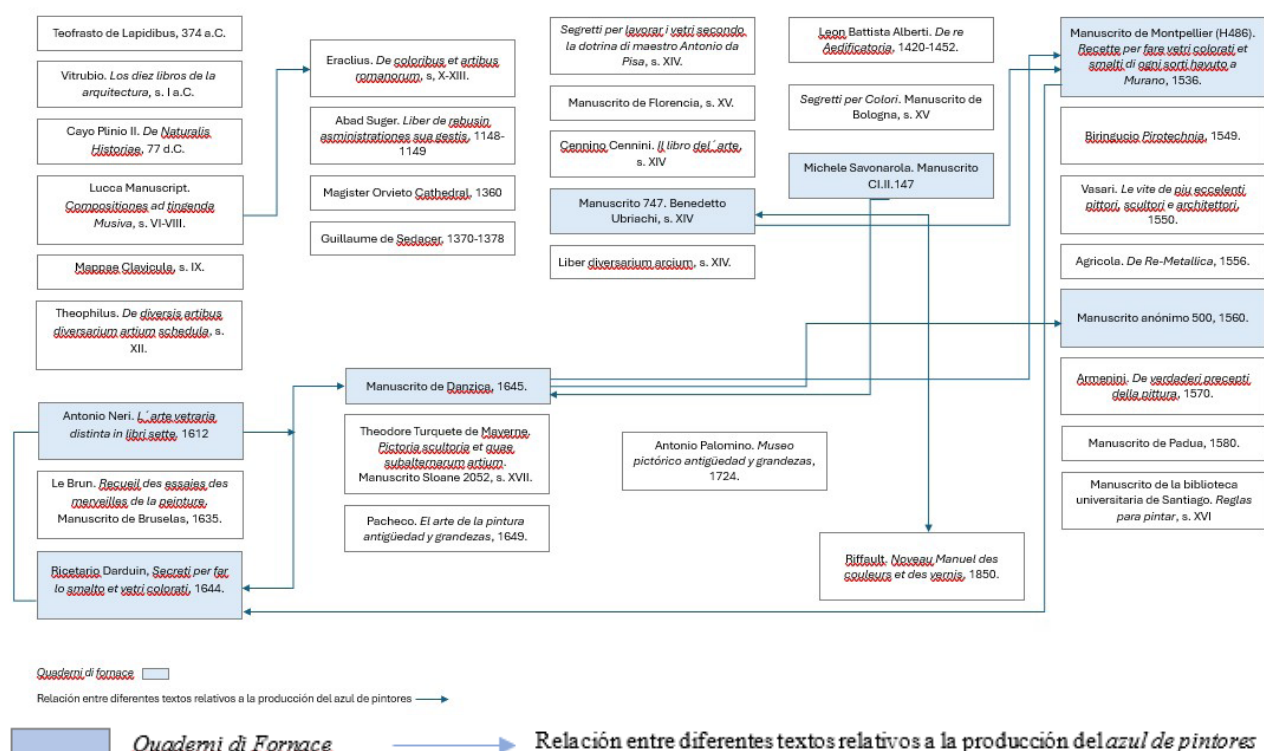


Figura. 2. Fuentes escritas históricas (siglos III a.C.-XIX d.C.) centradas en la tecnología del vidrio, con representación esquemática de las relaciones entre ellas. En azul los correspondientes a los Quaderni di fornace.



Figura. 3. Lista cronológica de fuentes históricas europeas escritas sobre vidrio que contienen recetas para la síntesis de esmalte azul para pintores.

fin de rastrear la evolución de este material pictórico a lo largo de los siglos.

Para el desarrollo de la presente investigación se procedió al estudio de 34 fuentes históricas, datadas entre el siglo III a.C. hasta el siglo XIX, relativas tanto a la producción de vidrio como a la obtención del azul esmalte y, en concreto, el llamado azul para pintores. Se estudiaron, siempre que fue posible, las fuentes originales salvo en los casos en los que no existían o no podían consultarse debido a su estado de conservación, optando en su lugar por la consulta de traducciones o transcripciones de las mismas.

Tras analizar las distintas fuentes, se recogieron todos aquellos textos en los que aparecían recetas para la fabricación del azul de pintores, los cuales fueron transcritos, identificándose las materias primas utilizadas, lo que permitió correlacionar diferentes textos con similitudes en los materiales utilizados en la fabricación de este compuesto (fig. 2).

3. Contextualización histórica

Los manuscritos más numerosos que contienen información sobre la producción del vidrio como sustancia colorante, en concreto la que otorga la coloración azul, pertenecen al final de la Edad Media y Renacimiento, según la distribución cronológica de las fuentes consultadas (fig. 3). Esto es debido principalmente al auge constructivo de catedrales y al desarrollo de la alquimia durante la Edad Media.

Todas las fuentes escritas consultadas proceden de Europa, siendo las más numerosas las de origen italiano, puesto que Venecia se convirtió en el mayor centro productor de vidrio de Europa, pero también se pueden encontrar fuentes sobre la producción de vidrio en otros países como Francia o Alemania. En cuanto a los textos centrados en la producción de materiales colorantes para la fabricación de vidrio coloreado, destacan los de origen alemán e italiano.



Figura 4. Piedras de Zafre y azul de esmalte en polvo.

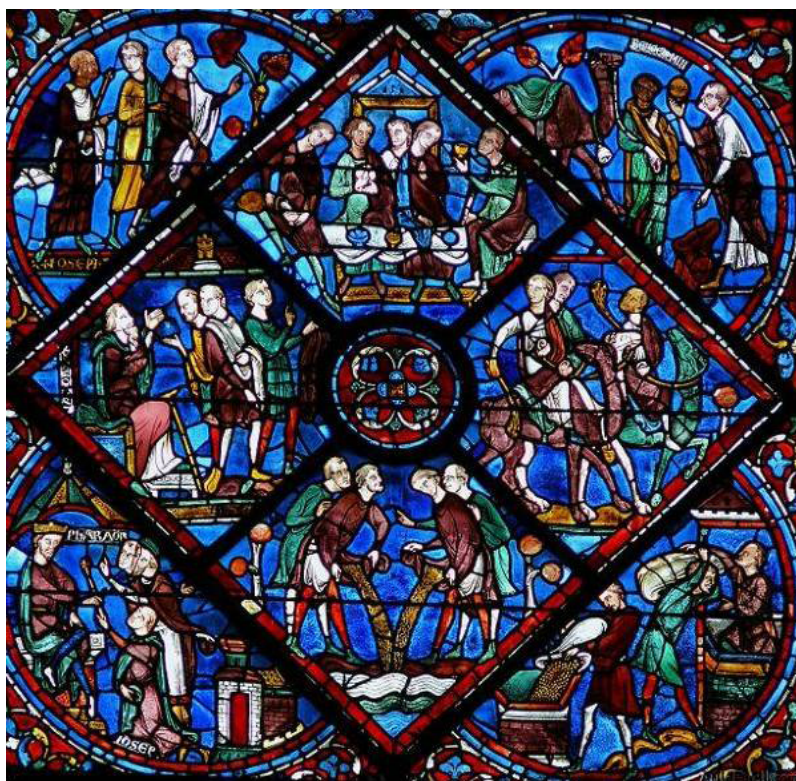


Fig. 5. La vida de San José Detalle de la vidriera de la nave de la catedral de Notre Dame de Chartres.

De todos ellos los relacionados con el azul de pintores se pueden dividir en dos grandes grupos: los de origen italiano centrados principalmente en su producción, entre los que destacarían los denominados *Quaderni di fornace*, objeto de esta investigación, y los basados en proporcionar indicaciones sobre uso e incompatibilidades con otros pigmentos, en cuyo caso proceden de otras fuentes.

4. Las denominaciones del azul de esmalte en las fuentes escritas

Ya se ha mencionado que el empleo del azul de esmalte como pigmento se conoce desde la antigüedad. Las referencias más antiguas dentro de las fuentes europeas que hacen alusión a su uso

se encuentran en la obra de Theophrastus "*De Lapidibus*"⁸, donde se recogen los términos *kyanos* y *sappheiros* para referirse a una sustancia artificial de aspecto vítreo de color azul, aunque es mucho más probable que el último de los términos mencionados fuera empleado para hacer referencia al lapislázuli. Se pueden volver a encontrar indicaciones a este pigmento en "*Naturalis Historiae*" de Plinio el Viejo, donde el término *sappheiros* cambiaría de significado, en este caso para

⁸ I. Freestone, *Theophilus and the Composition of Medieval Materials Research Society Symposium Proceedings, Glass,* in *Materials Issues in Art and Archaeology III*, 2011, 267, pp. 739-745

designar un vidrio coloreado parecido al zafiro⁹. Durante los siglos XII y XIII, será frecuente encontrar los términos *smalto* y *smaltino* en manuscritos italianos referentes a la producción de vidrio y objetos esmaltados, aunque estos no deben asociarse automáticamente con el azul de esmalte; ya que podrían estar sugiriendo un pigmento vitrificado (como el descrito por Vitruvio) compuesto de arena, cobre y nitrato de potasio¹⁰.

Entre mediados del siglo XIII y principios del siglo XIV, se producirá una derivación de los términos utilizados hasta entonces, apareciendo en la literatura denominaciones como *chafarone*, *cofaro*, *saffaro*, *safranum*, *zaffaranum* y finalmente *zaffera*, *zaffara*, o *zaffre*. Todos ellos empleados indistintamente para señalar un producto semiacabado, consistente en la mezcla del compuesto que contendría mineral de cobalto tostado con arena de sílice, utilizado tanto para la producción de vidrios de color azul como para colorear la cerámica de este color.

Entre las fuentes consultadas pertenecientes a este periodo, se recoge el uso del azul esmalte en los Manuscritos de Teófilo y Heraclio, ambos incluidos en el volumen conservado en el Museo Británico y englobado dentro del manuscrito conocido como *Jehan Le Begue*. Si bien en ambos casos no se recoge ningún tipo de información referente a su fabricación, sí se mencionan en ambos textos el empleo de éste como base para obtener diversos colores, quedando referenciado como un pigmento de color azul para pintar sobre cristal. Similar descripción se encuentra en "*Secreti per laborar li vetri secondo la dottrina de Maestro Antonio da Pisa*" (siglo XIV), dedicado exclusivamente al arte de las vidrieras, y donde se recogen los distintos pasos de producción, desde el dibujo inicial hasta la vidriera final, conteniendo también citas al azul de esmalte bajo el término *chafaron*, el cual se describe como un producto sólido, en forma de piedra producido en Alemania (fig. 4)¹¹.

A pesar de las nuevas derivaciones de los términos empleados para nombrar al azul esmalte, o a su producto intermedio, se puede observar que no se abandonarán por completo las antiguas denominaciones, aunque con un cambio de significado. Así el antiguo término *saphiro*, reaparecerá en la obra del Abad Suger "*Liber De Rebusin Administratione Sua Gestis*" (1148-1149) recogido dentro del capítulo 34 (fol. 204), donde se dan indicaciones sobre los materiales y tecnología de la época, aunque en esta ocasión se hará referencia al azul de esmalte¹². Debido a las variaciones en la denominación de este compuesto, varios autores han teorizado acerca de dicho término, llegando a la conclusión de que en este caso *saphiro* haría referencia a un material transparente relacionado con la fabricación

de los vidrios azules empleados en la fabricación de las vidrieras (fig. 5).

Los primeros intentos de reunificación de los términos referentes al azul esmalte, se pueden encontrar en varios documentos redactados durante el siglo XIV. De este modo, destaca el pago realizado a la entrega de los mosaicos de la Catedral de Orvieto, fechado el 31 de octubre de 1360, donde puede leerse: "*M.Andree magistro vitri pro coloribus ad colorandum vetrum, quot emit ad Plagirium et vocatur zaffera - lib. Quatour et sol. Quatour den.*"¹³ (*M.Andree maestro vidriero por los colores para colorear el vidrio, tantos como los que compró en Plagirium y llamó zaffera - lib. Quatour y Sol. cuatro días*), o el recogido por el alquimista Guillaume Sedacer entre 1370 y 1378, designando al safre como sustancia para colorear vidrios en tonos azules¹⁴.

No será hasta finales del siglo XIV, cuando se adopte definitivamente el término *smaltum* para referirse a un pigmento de color azul empleado en la pintura mural y el cual se obtenía mediante la molienda de un producto vítreo fabricado con cobalto. Cuando el zafre era fundido con potasa y arena de sílice, daba lugar a una masa de color azul, de la cual era posible obtener diversas coloraciones en función de los aditivos que se añadieran durante el proceso de fabricación (fig.4). De este modo, para obtener la variedad violeta-azulada que se asemejaba al pigmento obtenido del lapislázuli se debía sustituir la sosa por potasa¹⁵.

Basándonos en estas referencias, el zafre puede considerarse el producto básico para la fabricación del pigmento azul de esmalte, que más tarde sería empleado por los pintores. Aunque el término "esmalte" se ha de tomar con precaución puesto que, aunque en la mayoría de los textos medievales suele referirse al pigmento azul a base de cobalto, parece que también se comercializaban otros colores con el mismo nombre, especialmente verdes, rojos, violetas y amarillos (como el "esmalte verde"). Probablemente se tratarán de vidrios coloreados empleados en la fabricación de vidrieras, pero opacificados con compuestos diferentes¹⁶.

En textos relacionados con el uso de materiales artísticos, producidos durante la Edad Media y principios del Renacimiento, se confirma que el principal uso para el esmalte azul era la obtención de cerámicas vidriadas, pasando muy pronto a convertirse en un pigmento apto para la pintura mural, tanto en medios acuosos como calcáreos, dando finalmente el salto en el siglo XVI a los medios oleosos, aunque en este caso era preciso, según se recogen en numerosos textos, la adición de blanco de plomo para evitar la decoloración y poder obtener una masa trabajable¹⁷.

⁹ C Plinio. *Naturalis Historia* (Vol. 10). 1988 London: Harvard University Press.

¹⁰ Cavallo, G., Riccardi, M.P. Glass-based pigments in painting: smalt blue and lead-yellow tin type II. *Archaeol Anthropol Sci* 13, 199 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01453-7>

¹¹ Antonio de Pisa *Secreti per laborar li vetri secondo la dottrina de Maestro Antonio da Pisa*, p 336

¹² Seccaroni, C., & Haldi, J. P. *Cobalto, zaffera, smalto dall'antichità al XVIII secolo*. Enea 2016, p. 44

¹³ Fiumi, 1891

¹⁴ Seccaroni, C., & Haldi, J. P. *Cobalto, zaffera, smalto dall'antichità al XVIII secolo*. Enea 2016, p. 12

¹⁵ B., Mühlethaler, & J. Thissen, *Smalt. Artists' Pigments. A Handbook of their History and Characteristics II*, National Gallery of Art. New York: 1993 pp. 113-129.

¹⁶ N Eastaugh, V Walsh, T Chaplin, R Siddall. *Pigment compendium: optical microscopy of historical pigments*. Routledge. 2013

¹⁷ B., Mühlethaler, & J. Thissen, *Smalt. Artists' Pigments. A Handbook of their History and Characteristics II*, National Gallery of Art. New York: 1993 pp. 113-129

5. El azul de esmalte en los manuscritos vidrieros: *Quaderni di fornace*

Desde el año mil Venecia se había convertido en el centro de la producción vidriera europea, hecho que propiciará durante los próximos siglos el dictamen, por parte de las autoridades de la República, de leyes para proteger su industria, impidiendo que los maestros vidrieros y técnicos pudieran emigrar fuera de la laguna, tanto a Italia como al extranjero. Sin embargo, pronto surgirán nuevos centros de producción, siendo dos de los más importantes los ubicados en Flandes y Sajonia, lo que provocará una fuerte competencia no solo por hacerse un hueco en el mercado sino también por adquirir los mejores conocimientos técnicos.

Esta competencia entre los distintos centros vidrieros desembocó en que tanto los métodos de producción y las fórmulas constituyeran auténticos secretos. Estos secretos fomentaron el establecimiento de las estructuras gremiales durante la Edad Media, en un intento de establecer un sistema de protección de la información y, al tiempo, impedir la pérdida de preeminencia lograda sobre los competidores directos a medida que iban desarrollándose los conocimientos técnicos y alquímicos, manteniendo así su exclusividad.

La compleja estructura gremial solo era una parte del complejo sistema de protección del conocimiento, donde la tratadística generada por el propio sistema se basaba en sí misma en la protección del arte del vidrio a través del secreto entendido este como escasez y exclusividad. Por tanto, no era de extrañar que únicamente las recetas fueran transmitidas de padres a hijos y transcritas de su propia mano en los llamados libros de secretos¹⁸.

Si se tiene en cuenta que todos los conocimientos científicos de la época se basaban en las pruebas de ensayo y error, y que las materias primas empleadas debían prepararse o refinarse en la propia industria, se entiende que los maestros vidrieros mantuvieran en secreto sus recetas¹⁹. Tal es el caso del encriptamiento de las mismas, que gracias a los estudios realizados por de Zecchin en 1986 se pudo comprobar que todos los *Quaderni di fornace*²⁰ presentaban errores en las fórmulas²¹, que no eran tales como se había pensado durante años, debido a que la gran mayoría de estos textos adoptan el formato de manuscrito y

habrían sido redactados por escribas ajenos al oficio o incluso por las copias que de ellos se pudieran hacer. Los errores localizados, que en muchos casos hacían que las fórmulas redactadas fueran inservibles, eran en realidad un sistema de codificación del conocimiento vidriero.

Como se ha mencionado en el apartado anterior, existen desde la antigüedad referencias al empleo de una sustancia derivada del cobalto para la obtención de vidrios de color azul. De este modo, la primera receta se localiza en "*Mappae Clavícula*", texto redactado durante el siglo XII, el cual constituye una de las fuentes documentales más importantes de la Edad Media, aunque se considera una recopilación de escritos anteriores redactados concretamente entre los siglos IX y X.

Otro de los textos en los que se puede encontrar una receta para la obtención del azul esmalte, es el Manuscrito de Heraclio, titulado "*De coloribus et artibus romanorum*" en el que se describen diversas prácticas artesanales tradicionales, siendo este manuscrito uno de los ejemplos de transmisión de conocimientos dentro de la industria vidriera, puesto que se puede encontrar una receta similar a la descrita en el "*Mappae Clavícula*" para la fabricación de un cristal del color zafiro.

El primero de los manuscritos que podría considerarse como un *Quaderni di fornace* y del cual se cree que podría ser su germen, es el conocido como Manuscrito 797, conservado en el Archivo Estatal de Florencia, compuesto por tres pequeños tratados relacionados con la producción de vidrio. Está fechado entre finales del siglo XIV y la primera mitad del XV, presenta una fuerte influencia Toscana y recoge el proceso de fabricación de vidrios de color azul. De este texto es muy interesante la denominación utilizada para referirse a dos productos semiacabados de color azul (fig.5), al encontrarse nuevamente el empleo del término *coffaro*, para referenciar a un producto semielaborado que podía encontrarse en los mercados y que necesitaba ser purificado antes de su uso, quedando el término *zaffre*, para designar al pigmento azul, de él obtenido y que podía ser añadido a la masa vitrificable²².

El siguiente de los manuscritos consultados en referencia a los *Quaderni di fornace* es el Manuscrito CL II. 147, redactado por Michele Savonarola en el siglo XV. Este texto contiene dos recetas dedicadas al azul de esmalte, una de las cuales mostraría la existencia de otra variedad de esmalte azul, denominada *Turchino*, que muy probablemente fuera empleado para designar aquellas variedades que presentaban un subtono verdoso.

La redacción y transmisión de recetas para la elaboración de esta sustancia continuará durante el siglo XVI, destacando el Manuscrito de Montpellier, fechado en 1536 y catalogado con la denominación H486. De origen muranés y de autor anónimo, consta de ciento cincuenta y dos fórmulas compiladas como "*Recette per fare vetri colorati et smalti d'ogni sorte havuto in Murano*"²³. Se desconoce su antigüedad

¹⁸ Los libros de secretos fueron un género literario muy extendido durante el Renacimiento hasta el siglo XVIII. Estos libros eran un compendio de fórmulas de todo tipo, que podían ir desde recetas médicas, hasta libros de pigmentos. Como característica destaca su continuidad por medio de otros autores, como es el caso de los recetarios del vidrio (Bruquetas, 1998, p. 41; Moretti, Stefano y Tommasi, 2004, p. 65; Valero, 2014, pp. 54-63).

¹⁹ C., Moretti, C., Stefano Salerno, & S. Tommasi Ferroni, *Ricette vetrarie Muranesi*. Gasparo Brunoro e il manuscritto di Danzica. Editors: I. C. Restauro, Roma: Nardini. 2004 p.65

²⁰ Los llamados *Quaderni di fornace*, cuya traducción literal es cuadernos de horno, se basaban en lo que actualmente conocemos como "cuadernos de laboratorio", es decir, recetarios donde se recogen diferentes formulaciones para realizar los distintos vidrios, así como las correcciones a las formulaciones iniciales.

²¹ Estos errores les fueron atribuidos a los escribanos amanuenses por su desconocimiento en la materia. Aunque no fueron tales, ya que fueron debidos al proceso de protección de las fórmulas en las que se modificaban los compuestos, al tiempo que se escribían en muranes antiguo.

²² L. Zecchin, *Il ricettario Darduin: Un codice vetrario del seicento trascritto e comentato*. Venecia: Arsenale. 1986

²³ C. Moretti., & T. Toninato. *Ricette vetrarie del Rinascimento*. Trascrizione da un manoscritto anonimo veneziano Venezia: Marsilio Editori. 2021

Tabla 1. Relación de manuscritos analizados que contienen referencias a la producción de esmalte.

Autor	Título original	Fecha	Localización	Capítulo/folio que contiene la receta para el azul de esmalte	Recurso consultado
Anónimo	Mappae clavicula	Siglo IX	Corning Museum of Glass (EE. UU)	Fol.2 r	Thomas Phillipps
Eraclius	De coloribus et artibus romanorum	Siglos X-XIII	Museo Británico (Inglaterra)	XLIX	Merrifield
Benedetto Ubriachi	Manuscrito 747	Siglo XIV	State Archives of Florence (Italy)	receta XXV y XXVII	Milanesi
Michele Savonarola	Manuscrito CL II. 147	Siglo XV	Biblioteca Comunale Ariostea di Ferrara (Italy)	Fols. 145r y 145v-146r	Borgia& Seccaroni
Anónimo	Manuscrito de Montpellier (H486)	Siglo XVI (1536)	Ecole du Medicine de Montpellier (Francia)	Receta 31, 45, 87,126	Agresti
Anonimo	Manuscrito del 500	16th (1560)	Colección privada	21	Moretti& Toninato
Antonio neri	L'arte vetraria in libri sette		--	72,96	Antonio Neri
Darduin	Secreti per far lo smalto et vetri colorati.	Siglo XVII (1644)	State Archives of Venice (Fondo Miscellanea di Atti diversi, series 41 (Italia)	Recipes LXVIII, XXX, CXLVIII, CCXXXIII y CCXXXIV	Zecchin
Gasparo Brunoro	Libro de' segreti cavato da molti mastri di cristali et da altri homeni literati	Siglo XVII (1645)	Biblioteca Casanatense de Roma (Italia)	Recetas 29,30,83,104,220, 224,225.286,300.331	Moretti, Stefano y Tommasi
Riffault	Nouveau Manuel des couleurs et des venis	Siglo XIX (1850)	--	Capítulo. II	Riffault

exacta, aunque se toma la fecha de 1537 como final de la primera parte, por la inscripción al pie de la última hoja donde puede leerse: “*Die III Aprilis 1537, a domino Mauro Neapolitano habui quod scio. Memento*”, si bien la redacción continuó con nuevos libros hasta el siglo XVIII, cuando aparece en el inventario de la biblioteca de la familia Albani en Roma²⁴.

Se trata de un manuscrito de difícil lectura, no tanto por el uso del dialecto veneciano, sino al propio proceso de creación, al ser redactado por la mano de dos escribas no profesionales, como se indica en el folio 7v. No se trata de un recetario propiamente dicho, ya que presenta una redacción en forma de notas y apuntes, que servirían al maestro vidriero como consulta durante la producción del vidrio, por lo que nos encontraríamos ante lo que actualmente denominaríamos cuaderno de laboratorio.

En el siglo XVII, el creciente interés por la tecnología vidriera llevó a la creación de nuevos *Quaderni di fornace*, destacando la publicación en 1612 de la obra de Antonio Neri “*L'arte vetraria distinta in libri sette*”²⁵. Obra, compuesta de siete libros, donde se describe y recoge las técnicas y los diversos procesos

de fabricación del vidrio de la época. A diferencia de los manuscritos anteriores, la obra de Neri está escrita en primera persona, basándose en sus propias experiencias de trabajo con el vidrio y con otros hombres ilustres. Se cree que pudo haber trabajado en algunos talleres de vidrio de Pisa, Florencia y Anversa, e incluso describe en algunos documentos su familiaridad con el maestro vidriero Filippo Gridolfi, con quien elaboró y posteriormente recogió en su tratado los secretos relacionados con la fabricación de calcedonia a imitación del ágata oriental²⁶.

El recetario Darduin o “*Secreti per far lo smalto et vetri colorati*”, escrito en 1644 y conservado en el Archivo Estatal de Venecia (*Miscellanea di Atti diversi*, serie 41)²⁷, constituye un cuaderno de taller de vidrio muranés del siglo XVI. Todas sus recetas incluyen los métodos de preparación y las materias primas necesarias para la fabricación del vidrio, quedando dividido en dos partes o fases de producción diferenciables. Una primera parte con las recetas escritas por Nicolò Darduin, recopiladas póstumamente por su

²⁴ L Zecchin, (1964). *Le ricette vetrarie di Montpellier*. Journal of Glass Studies, 1964 6, pp 75-82

²⁵ A Neri, *L'arte vetraria distinta in libri sette*. Florencia 1612.

²⁶ Neri

²⁷ M. Verità, (1986). *La tecnologia vetraria veneziana e i contenuti dell'opera*. En L. Zecchin, *Il ricettario Darduin un codice vetrario del seicento trascritto e commentato* 1986 pp. 25-33. Venezia: Arsenale.

hijo Giovanni, quien organiza las recetas temáticamente, ocupándose de su traducción y descripción, y añadiendo diversas observaciones hasta 1654.

Y una segunda parte compuesta de algunas recetas que Giovanni introduce entre las de su padre, recogidas en un cuaderno fechado en 1523, bajo la denominación *i caneri*. Tanto en la primera como en la segunda parte, hay una cierta homogeneidad en los contenidos, informando no solo sobre el tipo y la cantidad de materia prima necesaria para obtener la mezcla vitrificable, sino que también se describen con precisión las operaciones a seguir para obtener el vidrio final. El último de los *Quaderni di Fornace* es el conocido como *Manoscrito di Danzica*, fechado hacia 1645, conservado en la Biblioteca Casanatense de Roma, con el número 5461, titulado "*Libro de'segreti cavato da molti mastri di cristali et da altri homeni literati*"²⁸. El manuscrito, como sus predecesores, se encuentra dividido en dos partes, la primera transcrita en la primera mitad del siglo XVII y dedicada a la tecnología de la fabricación del vidrio, mientras que la segunda parte del texto comienza en el folio 117 y termina en el 196, donde se recogen principalmente temas alquímicos y esotéricos.

En el siglo XIX aparecerán nuevas fuentes escritas en las que se pueden encontrar referencias al uso del esmalte y a su proceso de producción, debido al interés por la manufactura y restauración de vidrieras históricas en las principales catedrales europeas. Riffault describirá el proceso de producción utilizado en Sajonia y Austria para la fabricación de *zaffre*, basado en la calcinación del mineral de cobalto y su mezcla con arena²⁹.

En resumen, las fuentes escritas consultadas por los autores se centraron en la tecnología vidriera y la elaboración de pigmentos tanto para decorar vidrio como en la obtención del azul esmalte para pintores.

6. Recetas para la obtención del azul de pintores

Como ya se ha mencionado anteriormente, el mundo del vidrio se caracterizó por un marcado secretismo en el que los maestros vidrieros se esforzaron por custodiar sus conocimientos técnicos y químicos, lo que provocó que tanto los manuscritos vidrieros como los *Quaderni di fornace* presenten codificaciones en sus textos.

Por ello, para poder realizar una comparación entre las recetas contenidas en estos manuscritos vidrieros, se procedió a la transcripción de las recetas identificadas para la obtención del conocido como azul de pintores, interpretándose en términos químicos modernos, con el fin de poder llevar a cabo un análisis comparativo entre ellas y corroborar la existencia de procedimientos comunes. No obstante, es necesario tener en cuenta varias consideraciones generales, como el hecho de que un mismo material puede tener nombres diferentes

según el origen del manuscrito, la lengua vernácula de los autores o si fueron transcritos por personas del oficio o ajenas a él.

Así, los manuscritos analizados que contienen referencias a la producción de esmalte se recogen en la Tabla 1, junto con el país de origen del texto y la edición consultada, independientemente de que se consideren *Quaderni di fornace*.

Tras la interpretación de las recetas, las materias primas utilizadas en los procesos de producción se clasificaron en colorantes, vidrios base y otros materiales. La interpretación de las materias primas figura en la tabla 2.

6.1. Colorantes

Los colorantes son compuestos responsables de proporcionar la coloración del vidrio base para conseguir el característico color azul de este pigmento. Los *Quaderni di Fornace* analizados utilizan en su mayoría los mismos términos para referirse a ellos, siendo el más común el término *zaffre*. Sólo la receta XXV, localizada en el Manuscrito 747, menciona el uso de *còfaro* como colorante para obtener esmalte azul³⁰.

Estos compuestos se obtenían tostando el mineral de cobalto procedente de las minas de Sajonia, eliminando así su alto contenido en arsénico. Una vez purificado, se mezclaba con arena y fundentes, siendo los más habituales sosa o potasa para obtener de este modo la masa vítrea que constituía el *còfaro*, y en la cual la proporción de cobalto era mayor que en el mineral original. Algunas de estas masas vítreas tenían una concentración de cobalto tan elevada que el material resultante era prácticamente negro³¹. Sin embargo, para obtener azul a partir del *còfaro*, era necesario un proceso de purificación para conseguir el pigmento utilizado en la fabricación del esmalte azul para pintores como se recogía en el Manuscrito 747.

6.2. Vidrio base

El vidrio base actúa como sustrato tras la cocción y, junto con los colorantes, constituye la materia prima más común en las recetas (véase Tabla 2). El estudio de los *Quaderni di fornace* presenta los diferentes vidrios base utilizados para la producción de azul de pintores e incluyen información sobre las cantidades a añadir dependiendo de los diferentes productos en sus respectivas recetas cuando éstas han sido facilitadas por los autores.

La gran mayoría de las recetas señalan el uso de *Cristallo* vidrio transparente e incoloro con características similares al cristal natural, cuya invención fue atribuida a Angelo Barovier. En Murano se trataba de un producto sódico obtenido mediante procesos de depuración de las cenizas vegetales sódicas y con un control preciso de la fusión, a la cual se la podía añadir una mezcla de bióxido de manganeso como decolorante, debido a las impurezas de óxido de hierro que podían tener algunos ingredientes

²⁸ C., Moretti, C., Stefano Salerno, & S. Tommasi Ferroni, *Ricette vetrarie Muranesi. Gasparo Brunoro e il manoscritto di Danzica*. Editors: I. C. Restauro, Roma: Nardini.2004

²⁹ M. Riffault, *Manual teórico y práctico del pintor, dorador y charolista. Obra útil a los que ejercen esta profesión, a los fabricantes de colores, y a los que quieran pintar por sí mismos sus habitaciones*. editors: L. Franco de la Selva, Trad. Madrid 1850.

³⁰ I., Borgia & C. Seccaroni, *L'azzurro di smalto nella pittura e nelle fonti italiane del XV e XVI secolo*. OPD Restauro, 17, pp 152-164. 2005.

³¹ Cox, N., & Dannehl, K. (2007). "Zaffre-Zoobditty match, in Dictionary of Traded Goods and Commodities, 1550-1820. (Wolverhampton), *British History Online*.

Tabla 2. Relación de materias primas empleadas para la fabricación del azul de pintores localizados en los Quaderni di fornace estudiados

Autor	Fecha	Nº de la receta	Agente colorante	Vidrio base	Otros materiales
Manuscrito 747	s.XIV	27	vidrio azul	Vidrio transparente	Bitartrato potásico o Carbonato potásico, lejía de cenizas
Manuscrito CI.III147.	s.XV	Fol.145r	Cristal con incrustaciones de oro y plata	Vidrio transparente	Vidrio blanco
		Fol 146r	Óxido de cobalto	Vidrio transparente, vitrum optimo (Cristal similar al cristal de plomo)	Óxido cuproso
Manuscrito Montpellier (H486)	1536.	31	Óxido de cobalto	Vidrio	Bitartrato potásico
		126	Óxido de cobalto	Vidrio transparente	Bitartrato potásico Carbonato potásico, manganeso, guijarros de cuarzo
Manuscrito anónimo 1500.	1560.	21	Óxido de cobalto	Vidrio transparente , vidrio semiacabado	Manganeso, opacitantes de plomo o estaño
Antonio Neri.	1612	72	Óxido de cobalto	Vidrio transparente	oro, opacitantes de plomo o estaño
		96	Óxido de cobalto	Vidrio transparente	Óxido cúprico
Ricetario Darduin	1644	30	Óxido de cobalto	Vidrio semiacabado	Óxido cúprico
		37	Óxido de cobalto	Vidrio semiacabado	Bitartrato potásico Carbonato potásico, opacitantes de plomo y estaño
		68	Óxido de cobalto	Vidrio semiacabado	Bitartrato potásico manganeso, guijarros de cuarzo
Manuscrito. Danzica	1645	29	Óxido de cobalto	Vidrio transparente	Óxido cuproso
		30	Óxido de cobalto	sVidrio semiacabado	Óxido cúprico
		83	Óxido de cobalto	Vidrio transparente	oro, opacitantes de plomo o estaño
		104	Óxido de cobalto	Vidrio semiacabado	opacitantes de plomo o estaño
		220	Óxido de cobalto	Vidrio transparente	Bitartrato potásico ,
		224	Óxido de cobalto	Vidrio	Bitartrato potásico Óxido cúprico
		255	Óxido de cobalto	Vidrio semiacabado, Vidrio	Bitartrato potásico manganeso, guijarros de cuarzo
		286	Óxido de cobalto	Vidrio transparente	Manganeso, opacitantes de plomo o estaño
		300	Óxido de cobalto	Vidrio, Vidrio semiacabado	Bitartrato potásico manganeso, guijarros de cuarzo
		301	Óxido de cobalto	Vidrio semiacabado	Óxido cúprico

Tabla 3. Correlación de recetas para la obtención del azul de esmalte apto para pintores localizadas en los Quaderni di fornace estudiados

	Mns. Danzica	Mns. Montpellier	Mns. Anónimo	Mns. Neri	Mns. Darduin	Mns. 474	Mns. Savonarola
N.º Receta	29			96			
	30				30		
	83			72			
	104				37		
	220	31				27	
	224						Fol. 146r
	255				68		
	286		21				
	300	126			68		
	331				30		

empleados en la fabricación³². Aparece el uso de *fritta*, sobre todo a partir del siglo XVII, tanto sola empleada como base para la creación de esmaltes como usada junto con el *crystallo*.

La *fritta* constituía un compuesto semielaborado formado por un fundente y un vetrificante. Como fundente tradicional de la industria vidriera muranesa se empleaba el *allume cattino*, formado por una mezcla de cenizas vegetales sódicas procedentes de Oriente. Estas se obtenían de plantas del litoral Mediterráneo o de desiertos salados, siendo las de mejor calidad las de Siria, de un color gris y las siguientes las de Alejandría, de color negro, pero con un rendimiento menor. Constituidas principalmente por carbonato de sodio y de calcio, pero también de sulfatos y cloruros no solubles en el vidrio³³.

Otra base para la fabricación del pigmento azul esmalte era el *calce lattimo*, producto que se obtenía a partir de la mezcla de estaño y plomo calcinado, con lo que se conseguía una masa blanquecina debido a la formación de microcristales de bióxido de estaño. Su empleo en la industria muranesa era como opacitante, lo que justifica que su uso como base para la fabricación del azul de pintores podría deberse al deseo de obtener un pigmento menos transparente. Las principales diferencias entre ellos es la proporción de óxido de plomo respecto a la sílice, pudiendo variar de 1,5 a 3 durante el siglo XIX, cuando el plomo calcinado fue reemplazado por minio. Finalmente, como base podían emplearse los llamados *Colletti*. Bajo este nombre se encontraban los restos de vidrio que quedaban en las cañas del vidrio soplado, tras separar la pieza elaborada, pudiendo ser empleados solos o con otros restos de vidrio, ya que podían mejorar la fusión de la nueva mezcla.

6.3. Otros materiales

Esta categoría presenta un gran número de compuestos que pueden influir en el color del producto final (véase la Tabla 2). Se puede pensar que el término cristal azul, que aparece por ejemplo en algunos manuscritos, podría hacer referencia al zafiro, variedad de mineral del tipo corindón, formado principalmente por un óxido de aluminio, y que podría considerarse un estabilizador de la mezcla vitrificable pero que no proporcionaría ninguna coloración azul pues, al ser el óxido de aluminio un compuesto de color blanco, puede que su uso se debiera principalmente a uniformizar el color u opacarlo como haría el *calce lattimo*.

El uso o adición de *gropola* o sales de tártaro en crudo servía como agente reductor, siendo necesario para la coloración de determinadas tipologías de vidrios. Este compuesto podía ser calcinado convirtiéndose en carbonato potásico y ser añadido a la masa fundente³⁴. Finalmente, dependiendo de la coloración final que se deseara dar al producto, podían añadirse otros compuestos como el manganeso para obtener vidrios con tonalidades purpúreas

semejantes al lapislázuli, siendo éstos los considerados como los mejores azules para pintores.

Aunque como ya se ha mencionado anteriormente existían diversas variedades dentro de la categoría de azul de pintores, para aquellos esmaltes con subtonalidades verdosas se añadía *ramina*. Bajo este término se engloban dos compuestos químicos, de tal forma que se entiende por *ramina* el óxido cuproso empleado para la obtención del subtono turquesa, conocido en los tratados como *turchino*, mientras que, por otro lado, a partir del óxido cuproso podía obtenerse la llamada *ramina nera* u óxido cúprico, empleado para la obtención del tono *acqua-marina*. En ambos casos lo que se producía al añadir dichos compuestos a la mezcla de *fritta* y *zaffera*, era la obtención de azules con ligeros matices de verde.

7. Resultados: comparativa de los Quaderni di fornace

La posibilidad de confrontar diversos *Quaderni di fornace*, permite observar como algunos grupos de recetas se han transmitido a lo largo del tiempo. Al ser el manuscrito de Danzica el último de los *Quaderni di fornace* localizados, se empleará como base para poder comparar las diferentes recetas localizadas en el resto de las obras.

Del manuscrito 797, encontramos que la receta 27, corresponde a la 31 del manuscrito de Montpellier y que a su vez fue copiada en la receta 220 en el manuscrito de Danzica, incluye los errores de transcripción del texto original. Así, en la receta se puede leer "*oglio di tartaro*" en lugar de "*olio di tartaro*" o la falta de cantidades de materia base necesaria para la obtención del producto final. La única diferencia localizada entre las tres recetas es el empleo de lejía de cenizas, que dicta la receta nº 27. Su uso se debía a su función como detergente para eliminar los excesos de sales de la masa vítrea³⁵.

Similares errores a la hora de la transcripción de la receta se pueden ver cuando se compara la receta localizada en el Ms. II.147 con la receta 224 del manuscrito de Danzica. Aparece el uso de *Coletti di Crystallo*, como sustituto del *Crystallo*, propuesto en la receta original del Ms. II.147. El estudio de la obra de Brunoro con la obra de Antonio Neri, muestra una correspondencia exacta en las recetas 29 y 83 con las recetas 96 y 72 redactadas por Neri. Así, tanto en las recetas 83 y 72 aparece la misma indicación de introducir hojas de oro a la masa fundente con el objetivo de obtener un producto similar o muy parecido al lapislázuli de origen natural.

A su vez, la receta 30 del manuscrito de Danzica se encuentra transcrita dos veces, la primera copia presenta el título "*A far smalto azzuro*", volviendo a repetirse en la receta 331. Esto ha llevado a reforzar la idea general de que estos cuadernos eran copiados no por los maestros vidrieros, sino por personal ajeno al oficio que en muchas ocasiones no entendían aquello que estaban copiando.

³² L. Zecchin, *Vetro e vetrai di Murano. Studi sulla storia del vetro* (Vol. I). Venezia: Arsenale Editrice 1987.

³³ Verità, M., & Zecchin, S. (2009). La tecnologia vetraria veneciana del XV-XVII secolo attraverso la analisi di riperti invetro d'uso comune. *Cuaderni Friulani di Archeologia* (XIX), 237-248

³⁴ Ibidem

³⁵ Verità, M. (2014). *Secrets and Innovations of Venetian glass between the 15th and the 17th centuries: Raw materials, glass melting and artefacts*. ATTI. Classe di scienze finiche, matematiche e naturali. Study days on Venetian glass, approximately 1600's, I (CLXXII).

Esta misma situación se da con la receta 68 del manuscrito de Darduin, transcrita al menos en dos ocasiones en el manuscrito de Danzica, recetas 255 y 300. De estas dos copias, la exacta a la receta de Darduin corresponde a la receta número 300, que a su vez recuerda a la receta 126 del manuscrito de Montpellier. Por el contrario, la receta 255 muestra errores de transcripción ya que las cantidades de materiales aportadas 120 libras de *fritta* o 115 libras *zaffaro* son excesivamente grandes, lo que hace pensar que probablemente las cantidades se refirieran a 1.15 libras de *zaffaro* y 1.20 libras de *fritta*.

Finalmente se localizaría la receta 104, titulada “*per far azurro in corpo*” que, a pesar de presentar una disminución en las cantidades de reactivos necesarios, es coincidente en parte del procedimiento con la receta 37 del Manuscrito de Darduin, ya que en el caso de la receta 104, el autor omite la necesidad de dejar reposar la masa vítrea de dos a tres horas para después volver a remover y dejar de nuevo en reposo un cuarto de hora más, consiguiendo así que la mezcla sea homogénea y por tanto se obtenga un mejor color, así como el empleo de sales de bitartrato potásico. Por último, existiría una correlación entre la receta 286 del manuscrito de Danzica y la receta número 21 del manuscrito anónimo del 1500. Esta similitud se basa en los estudios realizados por Moretti sobre dicho texto, puesto que al pertenecer a una colección privada no se ha tenido acceso al documento.

8. Conclusiones

Existe una gran variedad de fuentes literarias y manuscritas que hacen referencia al esmalte como material artístico. Dentro de estas fuentes literarias, es posible encontrar información sobre el esmalte azul en los llamados «libros de los secretos», entre los que destacan los *Quaderni di fornace*. De las recetas en ellos contenidas, destacan aquellas con las cuales era posible obtener el llamado *esmalte de los pintores*, que se diferencia del resto por su tonalidad azul violácea, cercana a la del lapislázuli.

Todas las recetas estudiadas tienen en común el uso de ingredientes similares. Todos los manuscritos estudiados indican la importancia de la tradición artística de Murano. Muchas recetas son similares o idénticas, incluso con diversos errores en las transcripciones de copistas anónimos. Treinta y seis son comunes al Manuscrito Darduin, cincuenta al Manuscrito Neri, cincuenta y dos al Manuscrito Montpellier, treinta y seis al manuscrito anónimo de 1500, lo que apunta a la posibilidad de que estos *Quaderni di fornace* pasaran de mano en mano entre maestros vidrieros, hasta ser finalmente recopilados en un único manuscrito.

9. Fuentes y referencias Bibliográficas

Agresti, G. *I gialli di pombo, stagno, antimonio: colore e materia dell'opera d'arte*. Viterbo, 2014.

Brill, Robert H. “Some Chemical Observations on the Cuneiform Glassmaking Texts,” *Annales du 5e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, Liege: Edition du Secretariat General, 1972: 329-335.

Borgia I., & Seccaroni C., *L'azzurro di smalto nella pittura e nelle fonti italiane del XV e XVI secolo*. OPD Restauro, 17, 2005:152-164.

Brøns C, Ancient colours: perspectives and methodological challenges. In the value of colour (Shiyanthi Thavapalan and David A. Warburton, Eds.), Edition Topoi, Berlin Studies of the Ancient World, 70, 2019: 311-337.

Cavallo G., Riccardi M.G. Glass based pigments in painting: Samlt blue and lead -tin yellow type II. *Archaeological and Anthropological Sciences* 13, 2021: 199.

Cox, N., & Dannehl, K. (2007). “Zaffre-Zoobditty match, in Dictionary of Traded Goods and Commodities, 1550-1820. (Wolverhampton), *British History Online*.

Eastaugh, N Walsh V, Chaplin T. Siddall R. Pigment compendium: optical microscopy of historical pigments. Routledge, 2013.

Farnsworth & Ritchie P, Spectroscopic studies on ancient glass: Egyptian glass, mainly of the eighteenth dynasty, with special reference to its cobalt content. *Technical studies in the field of the fine arts*, 1938 6 (3): 155-173.

Freestone I., *Theophilus and the Composition of Medieval Materials* Research Society Symposium Proceedings, Glass,” in Materials Issues in Art and Archaeology III,, 267, 2011: 739-745

Garner H., An Early Piece of Glass from Eridu. *Iraq*, 18 (2), 1956: 147-149.

Gettens J & Stout G, *Painting Materials: A short Encyclopedia*. (Editor: Dover books on art instruction, anatomy). New York: Dover Publications, 1996.

Laurianne, R, Spring, M., Pages-Camagna, S., Vanteilon, D. & Trcera, N. Investigation of the Discoloration of Smalt Pigment in Historic Paintings by Micro-X-ray Absorption Spectroscopy at the Co K-Edge. *Analytical Chemistry*, 83 (13), 2011: 5145-5152.

Merrifield, M. P. *Arts of painting, oil, miniature, mosaic, and on glass; of gilding, dyeing, and the preparation of colours and artificial gems*. (Vols. I and II). London: Willian Clowrs and Sons. 1849.

Milanesi, G. *Dell'arte del vetro per musaico tre trattatelli dei secoli XIV e XV*. Boloña, 1864.

Moretti. C, & Toninato. T, *Ricette vetrarie del Rinascimento*. Trascrizione da un manoscritto anonimo veneziano. Venezia: Marsilio Editori, 2021.

Moretti, C., Stefano Salerno, C., & Tommasi Ferroni S., *Ricette vetrarie Muranesi. Gasparo Brunoro e il manuscritto di Danzica*. Editors: I. C. Restauro, Roma: Nardini, 2004.

Moretti, C. *Ricette vetrarie Muranesi. Quaderno anonimo del 1847*. *Journal of glass studies*, 24, 1982: 65-81.

Mühlethaler, B., & Thissen, J. *Smalt. Artists' Pigments. A Handbook of their History and Characteristics II*, National Gallery of Art. New York, 1993: 113-129.

Neri, A *L'arte vetraria distinta in libri sette*. Florencia 1612.

Pisa, Antonio. *Secreti per laborar i vetri secodo la dottrina de Maestro Antonio da Pisa*, Florencia.

Phillipps Thomas. *Mappae Clavicula*. (B. Thomas Phillipps, Trad.) Londres. (1846).

Plinio. C *Naturalis Historia* (Vol. 10). London: Harvard University Press, 1988.

Riffault, M *Manual teorico y práctico del pintor, dorador y charolista. Obra útil a los que ejercen esta profesión, a los fabricantes de colores*,

- y a los que quieran pintar por sí mismos sus habitaciones*. editors: L. Franco de la Selva, Trad. Madrid 1850.
- Ritchie, P. Spectrographic Studies on Ancient Glass. Chinese Glass from PreHan to T'ang times. Technical studies in the Field of the Fine Arts, 1937, 5 (4): 209-220.
- Seccaroni, C., & Haldi, J. P.. *Cobalto, zaffera, smalto dall'antichità al XVIII secol.*, Enea:2016.
- Verità, M. (2014). *Secrets and Innovations of Venetian glass between the 15th and the 17th centuries: Raw materials, glass melting and artefacts*. ATTI. Classe di scienze finiche, matematiche e naturali. Study days on Venetian glass, approximately 1600's, I (CLXXII).
- Verità, M. (1986). La tecnologia vetraria veneziana e i contenuti dell'opera. En L. Zecchin, *Il ricettario Darduin un codice vetrario del seicento trascritto e commentato*, Venezia: Arsenale, 1986: 25-33.
- Verità, M., & Zecchin, S. (2009). La tecnologia vetraria veneciana del XV-XVII secolo attraverso la analisi di riperti invetro d'uso comune. *Cuaderni Friulani di Archeologia* (XIX), 237-248
- Zecchin, L *Vetro e vetrai di Murano. Studi sulla storia del vetro* (Vol. I). Venezia: Arsenale Editrice, 1987.
- Zecchin, L *Il ricettario Darduin: Un codice vetrario del seicento trascritto e comentato*. Venecia: Arsenale, 1986.
- Zecchin, L (1964). *Le ricette vetrarie di Montpellier*. Journal of Glass Studies, 1964: 75-82.