

Los silicatos como aglutinantes pictóricos de pinturas murales en los siglos XX y XXI: caracterización de las principales tipologías

Mercedes Sánchez Pons, Duccio Sanesi Bigagli

Resumen: La importancia de diferenciar los tipos de pinturas que utilizan silicatos como aglutinantes es una necesidad cada vez más evidente en el ámbito de la conservación. Frente al amplio estudio de estos materiales en sus usos industriales, llama la atención la escasez de investigaciones sobre la caracterización y evolución de su uso en el campo artístico, tanto de los productos comerciales, como de las recetas de particulares, así como la ausencia de patrones de análisis que permitan tanto su identificación, como la evaluación de proceso de envejecimiento e interacción con los demás materiales que constituyen el mural. Con este estudio se dan los primeros pasos para el reconocimiento tipológico, en relación a la época de ejecución y con la evaluación de las opciones que ofrece el análisis estratigráfico y la espectrometría infrarroja FT-IR ATR, tanto en muestras de laboratorio como en pinturas murales procedentes del área valenciana.

Palabras clave: Conservación, pintura al silicato, pintura mural, pintura mineral, caracterización de técnicas pictóricas

Silicates as pictorial binders of the mural paintings in the 20th and 21st centuries: characterization of the main typologies

Abstract: Marking differences between the various types of paints that use silicates as binders in wall paints is an increasing need in the field of conservation of cultural heritage. Coping with the extensive study of these materials in their industrial uses, the scarcity of research on the characterization and evolution of their use in the artistic field draws attention, both for commercial products and for experimental recipes, as well as the absence of analysis patterns that allow their identification, the evaluation of its aging process and the interaction with the other materials that make up the mural. With this study, the first steps are taken for typological recognition, concerning the period of execution of the murals and evaluating the options offered by stratigraphic analysis and FT-IR ATR infrared spectrometry, both in laboratory samples and in mural paintings from the Valencian area.

Keywords: Conservation, silicate paint, mural painting, mineral paint, characterization of pictorial technique

Introducción

El uso de silicatos solubles como posibles aglutinantes pictóricos ha interesado desde la Antigüedad, aunque la tecnología que permitió su aplicación en el ámbito de la pintura mural no se desarrolló hasta finales del siglo XIX. El objetivo que impulsó las investigaciones realizadas, fundamentalmente en Alemania con los silicatos alcalinos, fue el de poder ofrecer una técnica de carácter mineral, que resistiera las inclemencias climáticas de Centroeuropa, en

Introduction

The use of soluble silicates as pictorial binders has been a topic of interest since Antiquity, even though the technology that allowed their application in mural paintings was not developed until the end of the 19th century. These are a mineral technique that resist better conditions than fresco painting in the inclement weather of Central Europe. This was the aim that prompted the research with alkali silicates carried out

mejores condiciones que la pintura al fresco (Wohlleben 1998: 51). Durante la primera mitad del siglo XX estos materiales despertaron un interés desigual entre los artistas que realizaban murales, condicionado por las dificultades en el control de la técnica y su accesibilidad, por lo que no tuvieron una gran difusión. Quienes los utilizaron se adaptaron a la disponibilidad del mercado local, probando distintos modos de manejarlos, dando pie a murales muy diversos, con comportamientos desiguales ante el paso del tiempo. Esta limitación de acceso llevó también al desarrollo de procedimientos basados en otros productos industriales parecidos, desarrollando recetas para hacerlos viables como aglutinantes pictóricos, concretamente los silicatos de etilo. A partir de los Sesenta del pasado siglo, los avances tecnológicos en la producción de pintura al silicato, orientada al sector de la construcción y reformulada para facilitar su aplicación, dio pie a un segundo momento en el uso de este tipo de aglutinantes, que sí tuvo difusión y éxito en el campo artístico, generando un corpus de murales de grandes dimensiones y realizados generalmente en exteriores, especialmente a partir de los años 80.

Desde entonces hasta la actualidad estas gamas de pinturas industriales han mejorado sus formulaciones, facilitando su aplicabilidad y ampliando la gama de soportes compatibles. Hoy compiten en el mercado con las pinturas sintéticas, teniendo una aceptación cada vez mayor entre los artistas, especialmente cuando se pretenden mayores expectativas de durabilidad, valorando especialmente su carácter ecológico y sostenible.

Existen muy pocos estudios específicos en relación a pinturas murales aglutinadas con silicatos (Wohlleben 1998; Schoenemann 2017), por lo que tampoco se han estudiado sus mecanismos de deterioro y métodos más adecuados para su conservación y restauración; por ello, hemos iniciado con este estudio una línea de investigación que pretende abordar estos aspectos, mediante un primer acercamiento a la caracterización de diferentes tipologías de esta técnica.

Objetivos y metodología

Esta parte del proyecto de investigación pretende realizar una primera aproximación a la caracterización de este tipo de pinturas a partir de la consecución de los siguientes objetivos:

- mostrar la importancia de este material en la producción de murales durante los siglos XX y XXI.
- recopilar fuentes con descripciones de la técnica, en los que los artistas han podido basarse.
- exponer variantes empleadas en distintos momentos y zonas geográficas, relacionando la evolución tecnológica en la producción de este material.
- valorar las opciones que ofrece la microscopía óptica, junto con la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, en modo reflectancia total atenuada (FT-IR ATR), en la identificación de este tipo de pinturas y la diferenciación de tipologías, tratando de establecer patrones que contribuyan a distinguirlas de otro tipo de técnicas pictóricas.

mainly in Germany (Wohlleben 1998: 51). During the first half of the 20th century, these materials generated unequal interest among the artists who painted murals. Difficulties in controlling the technique and scarce accessibility to products conditioned their use, motivating that they were not widely disseminated. Those who used these techniques adapted them to the availability of the local market, trying different ways of handling, giving rise to very diverse murals with erratic behaviors over time. This access limitation also led to the development of procedures based on similar products, creating recipes to make them viable as pictorial binders, specifically the ethyl silicates. From the sixties of the last century, technological advances in the production of silicate paint, oriented to the construction sector and reformulated to facilitate its application, gave rise to the second moment in the use of this type of binders. That had diffusion and success in the artistic field, especially from the 80s, generating a corpus of murals of significant dimensions, generally outdoors.

Since then, these ranges of industrial paints have improved their formulations, facilitating their applicability and expanding the scope of compatible supports. Today they compete in the market with synthetic paint, increasing acceptance among artists, especially when higher durability expectations are sought, valuing their ecological and sustainable character.

There are very few specific studies about the conservation of silicate-bonded wall paintings (Wohlleben 1998; Schoenemann 2017), so their deterioration mechanisms and the most suitable methods for their preservation and restoration have not been studied either. Therefore, we have started a line of research that aims to address these aspects through a first approach to the characterization of different types of this technique.

Objectives and methodology

This part of the research project aims to make the first approach to the characterization of this type of paintings based on the achievement of the following objectives:

- to show the importance of this material in the murals' production during the 20th and 21st centuries.
- to collect the sources with descriptions of the technique, the same the artists may have based on.
- to explain variants used at different times and different geographical areas, relating the technological evolution in the production of this material.
- to assess the options offered by optical microscopy, and Fourier Transform Infrared Spectroscopy, in attenuated total reflectance mode (FT-IR ATR), in the identifying of this type of paints and the distinction of typologies, trying to identify patterns that help to distinguish them from other types of pictorial techniques.

Para ello, se ha partido de una revisión bibliográfica y documental, continuando con el estudio de muestras preparadas en laboratorio con aglutinantes puros y algunas pinturas comerciales, así como muestras tomadas de obras reales de los años 40, 80, 90 y primera década del siglo XXI, todas ellas ubicadas en la provincia de Valencia.

Silicatos como aglutinantes pictóricos en las fuentes bibliográficas

Desde que Rudolf Glauber logró obtener en 1648 un vidrio soluble, al que denominó *Liquor silicium* se realizaron experimentaciones para producirlo de forma eficaz, todas fallidas por empleo de exceso de álcalis (Schönburg 2006).

Hubo que esperar hasta 1825, fecha de inicio de la comercialización de sales solubles de silicato sódico y potásico (Church 1890:77) para que comenzaran los estudios y primeros logros en su aplicación como aglutinantes pictóricos. Desde esa fecha y hasta 1859, químicos como Von Fuchs, Pettenkofer y Kuhlmann y profesores de arte de la academia de Munich, como Schlotthauer, Kaulbach y Echter realizaron diversas investigaciones y experimentos que concluyeron en diferentes publicaciones (Pettenkofer 1849; Von Fuchs 1857; Kuhlmann 1859) y que dieron denominación a la técnica *estereocromía*. Todas tuvieron una cierta difusión, especialmente en Alemania y regiones limítrofes, pero también en otros países como Inglaterra o Estados Unidos. El texto de Kuhlman fue traducido al inglés e incluido en el *Journal of the Society of Arts* ese año. Poco después también el de Fuchs, cuya transcripción, realizada por William Cave, en su manual de decoración mural y monumental (Cave 1869) permitieron su difusión también entre los artistas ingleses.

El perfeccionamiento del sistema fue logrado por el químico Adolf Wilhelm Keim, con la patente registrada en 1878. En 1881, Keim y Ernst Berger fundaron el laboratorio de investigación en técnicas pictóricas, ligado a la Academia de Munich y fue allí desde donde difundió definitivamente la técnica del vidrio soluble o pintura mineral, con la publicación de numerosos textos y notas técnicas. Sus lecciones se incluyeron en el programa de la Academia y junto con Lenbach y Pettenkofer contribuyeron a la fundación de la "Sociedad Germana para la Promoción de las Técnicas Pictóricas Racionales" (Rogala 2016: 7; Kinseher 2013).

La patente de Keim propone inicialmente una fórmula de dos componentes, conocida como "Técnica A": pigmentos seleccionados y cargas específicas (para favorecer el proceso de silicificación), que se aplicaban con agua y una solución de silicato potásico, empleada como fijativo posterior. Tres años después propone la "Técnica B", en la que pigmentos y cargas podían mezclarse directamente con el silicato en el momento de pintar (Keim 1881). En su afán por difundirla desarrolló talleres pictóricos en Augsburg, aunque no tuvo una aceptación inmediata (Miller 1998).

For this, we started from a bibliographic and documentary review, continuing with the study of samples prepared in the laboratory with pure binders and some commercial paintings, as well as samples taken from actual artworks of the 1940s, 1980s, 1990s and the first decade of the XXIth century, all of them located in Valencia's province.

Silicates as pictorial binders in bibliographic sources

Since Rudolf Glauber obtained a water glass in 1648, which he called *Liquor silicium*, experiments were carried out to produce it efficiently. All of them failed due to the use of excess alkali (Schönburg 2006).

It was not until 1825, thanks to the commercialization of soluble sodium and potassium silicate salts (Church 1890: 77), when studies and first achievements in their application as pictorial binders actually started. From that date on and until 1859, chemists such as Von Fuchs, Pettenkofer and Kuhlmann and art professors at the Munich academy, such as Schlotthauer, Kaulbach and Echter, carried out various investigations and experiments. Those concluded in different publications (Pettenkofer 1849; Von Fuchs 1857; Kuhlmann 1859) and gave the technique its name *stereochromy*. The spread of the studies occurred, especially in Germany and neighboring regions and in other countries such as England or the United States. That year, Kuhlman's text was translated into English and included in the *Journal of the Society of Arts*. Shortly afterwards, Fuchs', whose transcription, carried out by William Cave in his manual of the mural and monumental decoration (Cave 1869), allowed the diffusion of it also among English artists.

The chemist Adolf Wilhelm Keim achieved the improvement of the system, registering the patent in 1878. He definitively disseminated the technique of "water glass" or "mineral paint" with the publication of numerous texts and technical notes. In 1881, Keim and Ernst Berger founded the research laboratory in pictorial techniques linked to the Munich Academy. His lectures were included in the Academy's program, and together with Lenbach and Pettenkofer, they contributed to the founding of the "German Society for the Promotion of Rational Pictorial Techniques" (Rogala 2016: 7; Kinseher 2013).

Keim's patent initially proposes a two-component formula, known as "Technique A": selected pigments and specific fillers (to allow the silicification process), which were applied with water and a potassium silicate solution used as a subsequent fixative. Three years later, he proposed "Technique B," in which pigments and fillers could be mixed directly with the silicate at the time of painting (Keim 1881). He developed pictorial workshops in Augsburg in his eagerness to spread it, although it was not immediately accepted (Miller 1998).

Su trabajo continuó difundiéndose también fuera de Alemania. En 1884, J.V. Rivington presenta el sistema de Keim en la Society of Arts de Londres, texto del que se hará eco la revista *The Builder* ese mismo año (Rivington 1883: 245) y en 1889 Austen presenta en la misma asociación la experiencia desarrollada por Anne Lea Merrit en 1894, en los murales de la iglesia de Saint Martin, en Blackheath, Womersley, con este sistema.

A partir de ese momento la técnica en sí, con sus variantes, comenzará a ser incluida en los manuales artísticos. Church, en su libro "*Chemistry of Paints and Paintings*," publicado en 1890, y sucesivamente reeditado, incluye un capítulo sobre el vidrio soluble, que refleja la experimentación del momento, referenciando la existencia de tres variantes, a partir de silicato de sodio, potasio y mezclas de ambos. También recomienda no utilizar concentraciones muy altas y realiza una primera valoración indicando la dificultad en el control de la técnica y el poco uso de la misma en el país (Church 1890: 73-75; 244-255).

El manual "*Mural Painting*," de Hamilton Jackson, publicado simultáneamente en Londres y Nueva York en 1904, consta también de un apartado en el que describe el proceso seguido por Maclise y Herbert en los murales del Parlamento de Londres con el sistema de Fuchs y lo compara con el propuesto por Keim, en relación a los textos de Rivington y Austen anteriormente mencionados (Jackson 1904: 86-100).

Como señala Giancinta Jean, algunos manuales destinados al oficio de pintor decorador, de principios del siglo XX, incluyen referencias a las pinturas al silicato, citando los de Donghi (1905), Ronchetti (1927) y Guillaume (1936), en los que también se insiste en la dificultad técnica de su aplicación en arquitecturas, aunque otros como Rosa (1937), sí lo destacan por las ventajas que ofrece sobre soportes de cemento y hormigón (Jean 2013: 196).

En Estados Unidos, la publicación de Laurie referencia el sistema como un método moderno de la técnica del fresco, pero difícil de controlar (Laurie 1926: 215). Gettens y Stout en su publicación de 1942, también incluyen el silicato de sodio y el de potasio en la relación de médiums y aglutinantes de pinturas, tomando las referencias del texto de Church y del de Laurie (Gettens y Stout 1942: 77).

Dos de las publicaciones que más influyeron en la difusión de las técnicas de silicatos, fueron los manuales de Max Doerner, en Europa, (primera edición, Stuttgart, 1921), y el de Ralph Mayer, en los Estados Unidos, (Nueva York, 1940). Ambos manuales siguen siendo referencia en academias, universidades y centros de enseñanza de arte hoy en día. Traducidos a numerosos idiomas y reeditados en diversas ocasiones, probablemente, han sido el modo más popular que han tenido los artistas de todo el mundo para conocer estas técnicas.

Doerner traslada los sistemas de Keim, e incluye referencias muy específicas sobre su forma de empleo (Doerner 1946: 105-107, 245-246). Mayer también explica este sistema, pero

His work continued to spread outside of Germany as well. In 1884, J.V. Rivington presented Keim's system at the Society of Arts in London. This text will be reported in *The Builder* magazine that same year (Rivington 1883: 245), and in 1889 Austen presents in the same association the experience developed by Anna Lea Merrit in 1894, in the murals of Saint Martin's church in Blackheath, Womersley, with this system.

Arthur H. Church's book "*Chemistry of Paints and Paintings*," published in 1890 and subsequently republished, includes a chapter on water glass, which reflects the experimentation of the moment, referring to the existence of three variants, starting from sodium silicate, potassium and mixtures of both. From that moment on, the technique itself, with its variants, will begin to be included in artistic manuals. He also recommends not using very high concentrations and makes the first assessment, indicating the difficulty in controlling the technique and the little use of it in the country (Church 1890: 73-75; 244-255).

The manual "*Mural Painting*," by Hamilton Jackson, published simultaneously in London and New York in 1904, also has a section in which he describes the process followed by Maclise and Herbert in the murals of the Parliament of London with the system of Fuchs. He compares it with the one proposed by Keim concerning the previously mentioned Rivington's and Austen's texts (Jackson 1904: 86-100).

As Giancinta Jean points out, some manuals for the craft of painter-decorator from the early 20th century include references to silicate paintings, citing those of Donghi (1905), Ronchetti (1927) and Guillaume (1936), in which they also insist on the technical difficulty of its application in architectures. However, others, such as Rosa (1937), stand out for their advantages over cement and concrete supports (Jean 2013: 196).

In the United States, Laurie's publication refers to the system as a modern method of fresco technique but difficult to control (Laurie 1926: 215). Gettens and Stout, in their publication of 1942, also include sodium and potassium silicate in the list of mediums and binders in paintings, taking the references from the Church and Laurie text (Gettens and Stout 1942: 77).

Two of the publications that most influenced the dissemination of silicate techniques were the manuals of Max Doerner in Europe (first edition, Stuttgart, 1921) and that of Ralph Mayer in the United States (New York, 1940). Both manuals continue to be a reference in academies, universities and art teaching centers. Translated into many languages and republished on various occasions, they have probably been the most popular way for artists worldwide to learn about these techniques.

Doerner transposes Keim's systems and includes specific references on the using technique (Doerner 1946: 105-107, 245-246). Mayer also explains this system but

se centra en las recetas desarrolladas en Estados Unidos a partir de otro material: los ésteres silícicos. En la edición de 1970, explica que, en su primera edición, de 1940, ya había presentado el sistema a los artistas americanos y que en ella completaba la información incluyendo recetas proporcionadas por la Union Carbide Company (Mayer 1970: 362-371, 486, 654). Estas mismas recetas son las que se emplearon en México desde los años 40; de hecho, estas descripciones son prácticamente idénticas a las recogidas por José Gutiérrez en su libro, publicado por primera vez en Canadá en 1958 (Gutiérrez 1986) y las que también vemos en el texto de Schmid, de 1953, "*Ethyl silicate and vinylite as painting media for murals*", presentado en la Universidad de Sacramento para la obtención del título de máster, tras la experiencia adquirida durante su estancia en México, y junto con la información técnica obtenida de los fabricantes americanos (Schmid 1953: 5). También Siqueiros incluye una breve referencia al silicato de etilo en su libro "*Cómo se pinta un mural*", publicado por primera vez en 1951 (Siqueiros 1978: 146-147), aunque apenas expone explicaciones técnicas. En numerosos manuales posteriores sobre técnicas artísticas murales aparecen referencias a estos materiales, basadas todas ellas en las fuentes descritas, aunque en la actualidad se utilizan principalmente las fórmulas comerciales ya preparadas, destinadas a la edificación.

Murales realizados con pintura al silicato

Los primeros murales se realizan con la técnica de estereocromía propuesta por Schlotthauer y Fuchs, con diferentes concentraciones de silicatos alcalinos disueltos en agua, tanto de sodio, como de potasio. Los artistas experimentaron variando en el modo de aplicar los morteros, la pintura, y el método de fijación y lavado posterior de la superficie. Uno de los primeros ejemplos fue el mural de las escaleras del *Neuen Museum* de Berlín, realizado en 1854 por Kaulbachs, quien presentó la técnica como "*la hermana joven de las pinturas al fresco*" (Pursche 1998: 53).

En el último cuarto del siglo XIX se realizaron en Múnich numerosas decoraciones en fachadas, aunque no muchas sobrevivieron al paso de los años. Algunos ejemplos decoraban la residencia neorrenacentista Maximilianeum, la torre del Antiguo Ayuntamiento, el Hotel Bellevue, la fachada de la Fuster Hauser o la realizada por Echter en 1864, en el interior del antiguo Nationalmuseum, todavía conservada.

En Inglaterra los primeros ejemplos destacables son los mencionados murales de Maclise y Herbert en la Casa de los Lores del Parlamento de Londres, realizados entre 1861 y 1865; en ellos siguieron la técnica propuesta por Fuchs, con la información recogida por Maclise en su viaje a Alemania. El texto de Cave, citado anteriormente (Cave 1869), recoge también la correspondencia mantenida entre el artista inglés, el doctor Pettenkofer y Herr Dielixtz, del Berlin Museum, en donde quedan reflejadas las dudas que la técnica suscitaba en su aplicación práctica.

focuses on recipes developed in the United States from another material: silicic esters. In the 1970 edition, he explains that he had already introduced the system to American artists in his first edition, 1940. In the new one, he completes the information, including recipes provided by the Union Carbide Company (Mayer 1970: 362-371, 486, 654). These same recipes have been the ones used in Mexico since the 1940s. These descriptions are practically identical to those collected by José Gutiérrez in his book, first published in Canada in 1958 (Gutiérrez 1986), and those that we also see in Schmid's 1953 text, "*Ethyl silicate and Vinylite as painting media for murals*," presented at the University of Sacramento to obtain the master's degree—delivered after the experience acquired during a residency in Mexico, together with the technical information obtained from the American manufacturers (Schmid 1953: 5). Siqueiros also includes a brief reference to ethyl silicate in his book "*Cómo se pinta un mural*," first published in 1951 (Siqueiros 1978: 146-147), although he hardly exposes technical explanations. These materials appear in numerous later manuals on wall art techniques, all based on the sources described. However, at present, the commercial formulas already prepared for building are mainly used.

Murals made with silicate paint

The first murals are made with the stereochromy technique proposed by Schlotthauer and Fuchs, with different concentrations of alkali silicates dissolved in water, both sodium and potassium. Artists experimented by varying the way of applying mortars, painting, fixing method and subsequent washing of the surface. One of the first examples was the mural on the stairs of the *Neuen Museum* in Berlin, made in 1854 by Kaulbachs, who presented the technique as "*the young sister of fresco paintings*" (Pursche 1998: 53).

In the last quarter of the 19th century, numerous façade decorations were made in Munich, although not many survived over the years. Some examples decorated the Neo-Renaissance residence Maximilianeum, the tower of the Old Town Hall, the Hotel Bellevue, and the façade of the Fuster Hauser or the one made by Echter in 1864, inside the old Nationalmuseum, still preserved.

The first notable examples in England are the mentioned murals of Maclise and Herbert in the House of Lords of the Parliament of London, made between 1861 and 1865. The artists followed the technique proposed by Fuchs, using the information collected by Maclise on his trip to Germany. Cave's text, cited above (Cave 1869), also includes the correspondence between the English artist Dr. Pettenkofer and Herr Dielixtz from the Berliner Museum. The doubts that the technique raised in its practical application are reflected.

Las conexiones entre artistas germanos y americanos permitieron que también se realizara algún mural con esteorocromía en EE.UU., entre los que destacan el de Leutzer ,de 1862, en el Capitolio de Washington. En Suiza, Norte de Italia, Austria y Alemania se realizaron numerosas decoraciones de fachadas con el sistema desarrollado por Keim, como la decoración del Ayuntamiento de Schwyz (1891) y varios edificios del casco histórico de Stein am Rhein, llegando su influencia hasta Oslo, en donde se decoraron diversos edificios en torno a 1895. En el listado conmemorativo editado por la empresa Keim en Suiza en 1928, para celebrar los 40 años de difusión de las pinturas minerales, aparecen inventariadas cerca de 500 obras, fundamentalmente revestimientos de fachadas, aunque no faltan ejemplos de decoración artística (Schmidt 1928).

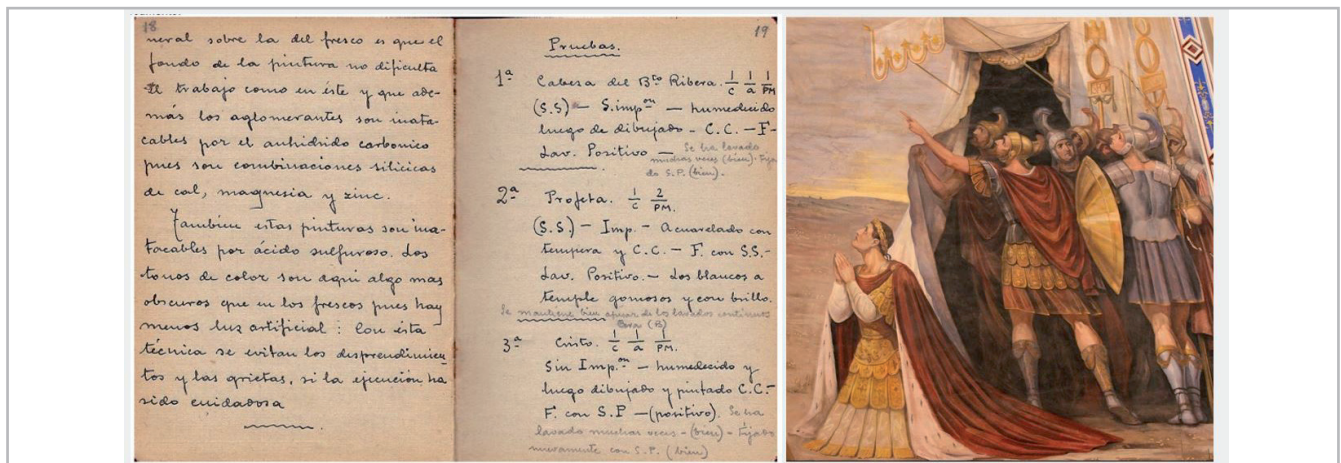
Las dificultades técnicas del procedimiento no la convirtieron en una técnica exitosa y no son muchos los ejemplos de obras significativas fuera del territorio de influencia directa, aunque podemos recordar el realizado por Merritt en Blackheath, en 1894, siguiendo las indicaciones propuestas por Keim.

Su posterior presencia en manuales artísticos consiguió que artistas diversos experimentaran, ocasionalmente, con soluciones de silicato potásico que pudieron tener a su alcance. Encontramos ejemplos dispersos a lo largo de la primera mitad del siglo XX realizados tanto por artistas muy reconocidos, como por otros con formación académica, pero proyección local. Todos estos murales, eran obras experimentales en las que ensayaron diferentes métodos de fijación, así como la posibilidad de combinarlos con otros aglutinantes naturales, tal y como reflejan los textos de Manolo Gil y José Bellver, que indican la posibilidad de aditivar cola orgánica al silicato o bien otros aglutinantes ligeros (Collado 1998; Valero 2009) y que, probablemente, se pusieron en práctica en murales como los realizados por este último en el ábside y capilla de la Comunión de la iglesia de la Santa Cruz y en las capillas laterales de la iglesia de San Lorenzo en Valencia, o en la iglesia de la Inmaculada Concepción en Onteniente, también en la Comunidad Valenciana [Figura 1].

Connections between Germanic and American artists allowed some murals with stereochromy to be made in the United States, among them Leutzer's 1862 wall painting in the Capitol of Washington. Also, numerous façade decorations were made with the system developed by Keim in Switzerland, Northern Italy, Austria and Germany, such as the decoration of the Schwyz Town Hall (1891) and various buildings in the historic center of Stein am Rhein. Its influence reached as far as Oslo, where multiple buildings were decorated around 1895. In the commemorative list edited by the Keim Company in Switzerland in 1928 to celebrate 40 years of diffusion of mineral paints, about 500 works are counted, mainly façade cladding. However, examples of artistic decoration are not lacking (Schmidt 1928).

Technical difficulties in the procedure did not make stereochromy a successful technique, and there are not many examples of significant works outside the territory of direct influence. However, we can recall the one carried out by Merritt at Blackheath, in 1894, following the indications proposed by Keim.

Its later presence in art manuals allowed diverse artists to experiment, occasionally, with potassium silicate solutions that they could have within reach. We find scattered examples throughout the first half of the 20th century made by well-known artists and others with academic training but local projection. All these murals were experimental works in which different fixing methods were tested and the possibility of combining silicates with other natural binders, as reflected in the texts by Manolo Gil and José Bellver. They indicate the option of adding organic glue to silicate or other light binders (Collado 1998; Valero 2009). They were probably put into practice in murals such as those made by the latter in the apse and Communion Chapel of the church of Santa Cruz and the side chapels of the church of San Lorenzo in Valencia. Or the church of Immaculada Concepción in Onteniente, also in the Valencian province [Figure 1].



Figura/Figure 1- Fragmento del mural "Exaltación de la Santa Cruz" de Bellver en la iglesia de la Santa Cruz de Valencia e imagen de una libreta con apuntes del artista respecto al modo en que realizó esta pintura / Fragment of the mural "Exaltation of the Holy Cross" by Bellver in the church of Santa Cruz in Valencia and an image of a notebook by the artist regarding how he made this painting

Ejemplo significativo de estas experimentaciones es el “Ejercicio Plástico” de Siqueiros, realizado en Argentina en 1933, donde trabajó por jornadas sobre cemento fresco, aplicando pigmento y agua con pistola de aire comprimido y fijando y retocando posteriormente con silicato potásico Keim (Barrio y Wechsler 2014).

También encontramos referencias por parte de muralistas italianos, durante la V Trienal de Milán, de un producto comercial a base de silicato potásico, destinado al revestimiento de fachadas, denominado *Silexore*[®] (Pontiggia 2018). Este producto, también de dos componentes, comercializado por Etablissements L. Van Malderem S.A. París, aparece en numerosos anuncios publicitarios entre los años 30 y 50, especialmente en revistas de arquitectura; concretamente en España, en torno al 1956, es fabricado, bajo licencia de la empresa francesa, por Productos Sirio, en Madrid, quienes recomiendan aplicarla sobre una pintura vinílica, formulada por la misma empresa, denominada *Silifilm*, así como la posibilidad de aplicar por encima *Silicona V.M.* como hidrofugante (COAM 1959: 88-89).

Paralelamente, en el continente americano, tanto en los Estados Unidos como en México, se experimenta con los silicatos de etilo. El mural realizado por Orozco y su equipo de ayudantes en 1947, “*Alegoría Nacional*”, en el exterior de la Escuela Nacional de Maestros, en México D.F., se considera el primer mural realizado en el país con esta técnica. En él siguió las instrucciones de José Gutiérrez y Manuel Jiménez Rueda, del Instituto Politécnico Nacional.

Por su parte, Mayer explica que coordinó un proyecto para la realización de murales con estos materiales, con artistas de la *Artist Union*, en el metro de Nueva York (Mayer 1970: 370-371); dicho proyecto constaba de maquetas y modelos que fueron expuestos en la “*Exhibition of Subway Art*” en el MOMA, en febrero de 1958 (MOMA 1958: 3). Otros ejemplos de artistas que utilizaron silicatos de etilo en años posteriores los encontramos en Abraham Joel Tobias (De Luise 2006: 7) o Seymour Fogel, con obras como “*The Creation*”, realizado en la Universidad Baptista en 1950, o los del American National Bank de 1957, ambos en Austin, Texas, donde también era profesor de arte.

Con la aparición en el mercado, en 1962, de la tecnología de dispersión de silicato potásico de un sólo componente destinada al revestimiento de fachadas, muchos artistas recurrirán a este tipo de pintura, especialmente para obras de gran formato; la comodidad de su aplicación desbancará a las anteriores técnicas de dos componentes y a las de silicato de etilo. La mayoría de los murales realizados con pinturas minerales en las décadas posteriores están hechos con este tipo de pinturas del sector de la construcción. Las dispersiones de silicato supusieron un gran desarrollo para las empresas que producían estas pinturas y la apertura de sucursales por todo el mundo hizo que también se multiplicaran los murales de gran formato, especialmente de los 80 en adelante. Son muchos los ejemplos que se pueden citar, como los murales de Eric Rohe y Richard Hass

A significant example of these experiments is “*Ejercicio Plástico*” by Siqueiros, carried out in Argentina in 1933. He worked for *giornate* on fresh lime, applying pigment and water with a compressed air gun and fixing and retouching later with Keim potassium silicate (Barrio and Wechsler 2014).

We also found references by Italian muralists, during the 5th Milan Triennial, to a commercial product based on potassium silicate, intended for cladding façades, called *Silexore*[®] (Pontiggia 2018). This product, also made of two components, was marketed by Etablissements L. Van Malderem S.A. Paris and appeared in numerous advertisements between the 1930s and 1950s, especially in architecture magazines. Specifically in Spain, around 1956, it was manufactured, under license from the French company, by Productos Sirio from Madrid, who recommended applying it on vinyl paint, formulated by the same company, called *Silifilm*, as well as the possibility of laying on it a water repellent cover, *Silicone V.M.* (COAM 1959: 88-89).

At the same time, in the American continent, both in the United States and in Mexico, experiments were being carried out with ethyl silicates. The mural made by Orozco and his team of assistants in 1947, “*Alegoría Nacional*”, outside the Escuela Nacional de Maestros, in Mexico DF, is considered the first mural made in the country with this technique. There, he followed the instructions of José Gutiérrez and Manuel Jiménez Rueda from the National Polytechnic Institute.

Meanwhile, Mayer explains that he coordinated a project to realize murals with these materials, with performers from the Artist Union, in the New York subway (Mayer 1970: 370-371). This project consisted of mock-ups and the models shown at the “*Exhibition of Subway Art*” at the MOMA in February 1958 (MOMA 1958: 3). Other examples of artists who used ethyl silicates in later years are Abraham Joel Tobias (De Luise 2006: 7) or Seymour Fogel, with works such as “*The Creation*”, made at Baptist University in 1950, or those of the American National Bank in 1957, both in Austin, Texas, where he was an art professor.

With the appearance on the market in 1962 of the one-component potassium silicate dispersion technology intended for cladding façades, many artists will draw on this type of paint. Especially for large-format works, the convenience of its application will supersede the previous two-component techniques and those based on ethyl silicate. In later decades, most of the murals made with mineral paints used this type of product borrowed from the construction sector. Silicate dispersions were an excellent development for the companies that produced these paintings. The opening of branches worldwide contributed to the spread of large-format murals, especially from the 80s onwards. Many examples can be cited, such as the murals of Eric Rohe and Richard Hass in Boston, Portland, Chicago, New York, Miami and

en Boston, Portland, Chicago, Nueva York, Miami y Filadelfia, los de David Binnington y Desmond Rochfort en Londres, Peter Day en Australia, el conjunto de Andrew Crummy en Prestonpans, Escocia, o los murales de Ripollés, Prades, Tasio y Perla Flor del Museo al Aire Libre de Castellón.

Los artistas contemporáneos, cada vez con más frecuencia, prefieren utilizar materiales listos para su uso, evitando preparaciones complejas en el taller, por lo que, para murales de gran formato con intención perdurable, acuden frecuentemente a las tiendas suministradoras de pinturas para revestimiento de paredes, condicionados por la disponibilidad local y el asesoramiento de técnicos y comerciales de estas empresas.

A partir del 2002 entra en el mercado una nueva generación de dispersiones de silicato potásico, que incorporan sol de sílice, permitiendo la aplicación de estas pinturas sobre una gama más amplia de soportes, no exclusivamente minerales, puesto que complementan la adhesión química de las fórmulas iniciales con una adhesión física. Este tipo de pinturas son las que mayor aceptación tienen entre los artistas en la actualidad, cuando buscan una técnica duradera, especialmente si el mural va a estar al exterior [Figura 2 y Tabla 1].

Philadelphia, those of David Binnington and Desmond Rochfort in London, Peter Day in Australia, the set of Andrew Crummy in Prestonpans, Scotland, or the murals of Ripollés, Prades, Tasio and Perla Flor at the *Museo al Aire Libre* of Castellón.

More and more often, contemporary artists prefer to use ready-to-use materials, avoiding complex preparations in the workshop. This is the reason why, for large-format murals with lasting intention, they frequently go to supply stores for wall covering paints, conditioned by local availability and technical and commercial advice from these companies.

Starting in 2002, a new generation of potassium silicate dispersions entered the market, incorporating silica sol. This allows the application of these paints in a broader range of supports, not exclusively mineral ones, since silica sol complements the chemical adhesion of the initial formulas with a physical bonding. These types of paintings are the ones that have the most excellent acceptance among artists nowadays when they are looking for a durable technique, especially in outdoor murals [Figure 2 and Table 1].



Figura/Figure 2- a) Leutze, 1862, Capitolio, Washington, EEUU. (estereocromía); b y c) Wagner, fachada del Ayuntamiento de Schwitz, Suiza, 1891 (método A Keim); d) Fachada del Ayuntamiento de Landsberg am Lech, Alemania, 1900 ca. (método B Keim); e) Orozco, 1947, Escuela Nacional de Maestros, México D.F. (silicato de etilo); f) Bellver, 1944. Iglesia de la S.S. Inmaculada, Ontinyent, Valencia (técnica mixta con fijación de silicato potásico); g) Plaza de la Constitución, Picanya, Valencia, finales '80 (dispersión de silicato potásico); h) Baeblich, 2017, Villatoya, Albacete (dispersión de sol-silicato); i) Lonjedo, 2018, colegio de Santa María, Orcasitas, Madrid (dispersión de sol-silicato). / a) Leutze, 1862, Capitol, Washington, Us. (stereochromy); b and c) Wagner, Scwhitz's City Hall façade, Suisse, 1891 (method A Keim); d) City Hall façade Landsberg am Lech, Alemania, 1900 ca. (method B Keim); e) Orozco, 1947, Escuela Nacional de Maestros, México D.F. (ethyl silicate); f) Bellver, 1944, S.S. *Inmaculada* church, Ontinyent, Valencia (mixed technique with potassium silicate fixation); g) *Plaza de la Constitución*, Picanya, Valencia, late 1980s (potassium silicate dispersion); h) Baeblich, 2017, Villatoya, Albacete (potassium sol-silicate dispersion); i) Lonjedo, 2018, *Santa María* primary school, Orcasitas, Madrid (potassium sol-silicate dispersion).

TIPOLOGÍA	Naturaleza	Destino	Forma de uso	Época y zona de influencia	Algunos ejemplos
Soluciones de silicatos alcalinos					
Experimentaciones Von Fusch (Estereocromía)	100% inorgánica, soluciones acuosas de silicatos de sodio y/o potasio	Materiales industriales adaptados a uso artística	Preparación del muro específica: cal/arena, más tarde cemento, impregnados con silicato (1° sódico, más tarde potásico); pigmentos aplicados con agua; fijado posterior con silicato	A partir de 1825, principalmente Centroeuropa y de forma puntual otros países como Inglaterra y EE.UU.	Kaulbachs (escalera interior del Neuen Museum de Berlín, 1856); Maclise y Herbert (Parlamento de Londres, 1861-1865); Leutzer (Capitolio Washington, 1861); Merrit (S.Thomas, Blackhearth, 1864)
Sistema A de A.W. Keim	100% inorgánica, soluciones acuosas de silicatos de potasio y pigmentos con cargas específicas	Materiales industriales adaptados a uso artístico	Preparación del muro específica; pigmentos escogidos y preparados, aplicados con agua; se fija y lava la superficie varias veces	A partir de 1878, principalmente Centroeuropa y de forma puntual otros países	Fachada calle Alkergata nº20, Oslo (1895); fachada del ayuntamiento de Schwyz (1891); fachada del ayuntamiento de Stein am Rhein (1901)
Sistema B de A.W. Keim	100% inorgánica, soluciones acuosas de silicatos de potasio y pigmentos con cargas específicas	Materiales industriales adaptados a uso artístico	Preparación del muro específica; se pinta con los pigmentos preparados mezclados con el medio; se lava la superficie	A partir de 1881, principalmente Centroeuropa y de forma puntual otros países	Fachada ayuntamiento de Landsberg am Lech (1900 ca); paramentos exteriores Castillo de Lindenhof
Otras fórmulas comerciales	100% inorgánica, soluciones acuosas de silicatos de potasio y pigmentos y cargas específicas	Pintura destinada al revestimiento de fachadas	Pigmentos y cargas que se mezclan con el fijativo antes de aplicarlo (según recomendación del fabricante)	Diversas empresas europeas con sede en Alemania y Francia	Algunos murales del Pabellón de pintura mural de la V Trienal de Milán (1933), pintados por artistas como Gino Severini y Gabrielle Mucchi (Silixore®)
Otras experimentaciones (técnicas mixtas)	Diferentes recetas y experimentaciones; reinterpretación de la técnica original, combinando otros aglutinantes de diversa naturaleza	Recetas de taller para uso artístico	Según el interés experimental de cada artista	Según difusión de textos académicos y posibilidades de acceso de los artistas. Especialmente a partir de los años 30	"Ejercicio Plástico" de Siqueiros (Buenos Aires, 1933); murales de José Belver (Valencia y provincia 1941-49)
Fórmulas comerciales actuales	100% inorgánica, p.ej. Keim Purkristalat® y Künstlerfarbem-Fixiermittel (sistema A Keim); 99% inorgánica, Unikristalat® (sistema B)	Decoración de fachadas de alta calidad, rehabilitación y uso artístico	Según instrucciones del fabricante	A partir de los años 70 y 80 aumenta la distribución mundial de los productos y la apertura de sedes de empresas	Carlos Franco, 1988 Plaza Mayor de Madrid (Purkristalat-Fixativ); Minguel, 2007, fachada de la Diputación de Lleida (Künstlerfarbem-Fixiermittel)
Dispersiones de silicato potásico					
Fórmulas comerciales	95% inorgánica, contenido inferior a un 5% de orgánicos, dispersión acuosa de silicato potásico, según DIN 18 363. 2.4.1., p.ej. KEIM Granital®	Pintura de fachadas	Según instrucciones de cada fabricante	A partir de 1962	Murales del "Museo al aire libre" (Castellón años 80); Canales "Lavadero de Belgida" (Belgida 2013); Richard Hass "Homage to the Chicago School" (Chicago 1980)
Dispersiones de sol-silicato					
Fórmulas comerciales	95% inorgánica, contenido inferior a un 5% de orgánicos, dispersión acuosa de silicato potásico y sol de sílice, según DIN 18 363. 2.4.1., p.ej. KEIM Concretal® y Soldalit®	Pintura de fachadas	Según instrucciones de cada fabricante	A partir de 2002	Lorjedo (colegio en Orcasitas, Madrid 2018); Baeblich "Animales Fantásticos" (Villatoya 2017); escudo de la Linterna del puerto (Génova 2019)
Fórmulas con silicatos de etilo					
Experimentaciones artísticas	Diversas recetas a partir de distintas formas comerciales de silicato de etilo, hidrolizado con diferentes métodos (un paso, dos pasos, sin solvente); pigmentos, cargas, alcohol y otros solventes; a veces técnicas mixtas con otros aglutinantes	Recetas de taller para uso artístico	Según recomendaciones fabricantes de silicatos de etilo y talleres de investigación pictórica (Mayer y J. Gutiérrez)	Fundamentalmente entre los años 30 y 60, sobre todo en el continente americano	Orozco "Alegoría Nacional" (Ciudad de México, 1947); Seymour Fogel, murales para el American National Bank (Austin, 1957);

Tabla/Table 1-Tipologías de pinturas realizadas con silicatos y principales características/Types of paintings made with silicates and main characteristics

Aproximación a la caracterización de la técnica

Como hemos visto, bajo el epígrafe "pintura al silicato" podemos encontrar pinturas totalmente inorgánicas de soluciones acuosas de silicatos alcalinos de sodio y potasio, pinturas eminentemente inorgánicas - aunque con un pequeño porcentaje, de hasta un 5%, de productos orgánicos - de dispersión de silicato potásico o dispersión de sol de sílice y silicato potásico, y pinturas organosilícicas, a partir de ésteres silíceos, concretamente silicatos de etilo. Comprobamos también que en muchos casos los artistas no siguen todas las recomendaciones técnicas de las fórmulas originales, bien por un interés en experimentar sus posibilidades de aplicación, bien por la dificultad técnica que entraña su control. También

Approach to the technique characterization

Under the heading "silicate paint," we can find inorganic paints of aqueous solutions of alkaline sodium and potassium silicates, minently inorganic paints —although with a small percentage, up to 5%, of organic products— as dispersion of potassium silicate and dispersion of silica sol and potassium silicate, and organosilicon paints, from siliceous esters, specifically ethyl silicates. We also verify that in many cases, the artists do not follow all the technical recommendations of the original formulas, either because of an interest in experimenting with their application possibilities or because of the technical difficulty involved in controlling them. It is also striking

resulta llamativo que, de entre los productos comerciales actuales, no suelen escoger aquel que está diseñado específicamente para la realización de murales artísticos, optando por gamas destinadas al revestimiento de fachadas.




Como un primer acercamiento al estudio futuro de los mecanismos de deterioro y los tratamientos más adecuados para su conservación y restauración hemos realizado un estudio, por una parte, de algunos productos comerciales secados al aire sin una base mineral [Tabla 2] y por otra de unas micromuestras que hemos podido extraer de diferentes pinturas, realizadas en distintos años, en la provincia de Valencia [Tabla 3].

that, among the current commercial products, artists do not usually choose the ones specifically designed to realize artistic murals, selecting ranges intended for cladding façades.

We have carried out a study about some commercial air-dried products without a mineral base [Table 2] and some micro-samples that we have extracted from different wall paintings made in other years in the province of Valencia [Table 3]. Aiming it will serve as a first approach to the future study of the deterioration mechanisms and the most suitable treatments for their conservation and restoration.

Naturaleza del producto	Nombre comercial	Suministrador
Solución de silicato potásico	Silicato 28-30°	Kremer Pigmente
Solución de silicato potásico	Kreiden Fixativ®	KeimFarben GmbH
Solución de silicate potásico	Spezial Fixativ®	KeimFarben GmbH
Dispersión de sol silicato	Soldalit Fixativ®	KeimFarben GmbH
Pintura de dispersión de sol silicato blanca	Soldalit® 9477	KeimFarben GmbH
Pintura de dispersión de sol silicato verde	Concretal® 9004	KeimFarben GmbH
Pintura de dispersión de sol silicato azul	Concretal® 9005	KeimFarben GmbH
Silicato de etilo	Estel 1100	CTS Europe

Tabla/Table 2- Tipologías de pinturas realizadas con silicatos y principales características / Types of paintings made with silicates and main characteristics

Murales de la iglesia de la Santa Cruz, ábside y capilla de la Comunión, Valencia	Artista: José Bellver Delmás Año de ejecución: 1941-45 Técnica empleada: pigmentos aplicados con agua y diversos aglutinantes orgánicos naturales, con fijación posterior de silicato potásico pulverizado. (Collado 1989; Valero 2009)	
Murales de la capilla de la iglesia del colegio Escolapias, Valencia	Artista: José Bellver Delmás Año de ejecución: 1949 Técnica empleada: pintura al silicato / técnica mixta (Collado 1989; Valero 2009; Álvarez 2014)	
Murales de la iglesia de la Inmaculada Concepción, Onteniente	Artista: José Bellver Delmás Año de ejecución: 1943-44 Técnica empleada: pintura al silicato / técnica mixta (Collado 1989; Valero 2009)	
Murales de la Plaza de la Constitución, Picanya, Valencia	Artista: pintor canadiense no referenciado Año de ejecución: finales de los 80 Técnica empleada: pintura mineral Información facilitada por Ayuntamiento de Picanya, Mural junt a l'església - Passeig de murals - Ajuntament de Picanya	

Murales <i>Edifici Pau</i> Picanya, Valencia	Artista: Mikel Díez Álava Año de ejecución: 1992 Técnica empleada: pintura mineral Información facilitada por Ayuntamiento de Picanya, http://www.picanya.es/poble/qui-som/passeig-de-murals/1/14474/813/edifici-pau	
Mural Colegio Cavite, Valencia	Artista: Juan Bta. Peiró, Juan Canales y alumnos colaboradores Año de ejecución: 2003 Técnica empleada: dispersión de silicato potásico, línea Granital Información facilitada por los artistas	
Mural Colegio Cervantes, Valencia	Artista: Juan Bta. Peiró, Juan Canales y alumnos colaboradores Año de ejecución: 2004 Técnica empleada: dispersión de silicato potásico, línea Granital Información facilitada por los artistas	
Mural "Música per Alginet" cruce calle Mayor con calle Valencia, Alginet, Valencia	Artista: Juan Bta. Peiró, Juan Canales y alumnos colaboradores Año de ejecución: 2005 Técnica empleada: dispersión de silicato potásico, línea Granital Información facilitada por los artistas	
Murales Factoría Dacsá, Almassera, Valencia	Artista: Josefina Vacas y alumnos colaboradores Año de ejecución: 2007 Técnica empleada: dispersión de silicato potásico, línea Granital Información facilitada por los artistas Fábrica Dacsá – Keimfarben	

Tabla/Table 3- Pinturas murales estudiadas / Wall paintings studied

Algunas de estas muestras se han englobado en resina para realizar un estudio estratigráfico con lupa Leica S8 APO y microscopio Leica DM 750; otras, junto con los materiales comerciales antes mencionados, han sido analizadas mediante espectroscopia infrarroja transformada de Fourier, modo de reflectancia total atenuada (FT-IR ATR), en la región del infrarrojo medio, entre 500 y 4000 cm^{-1} , con un equipo Bruker Alpha II, 64 barridos de fondo.

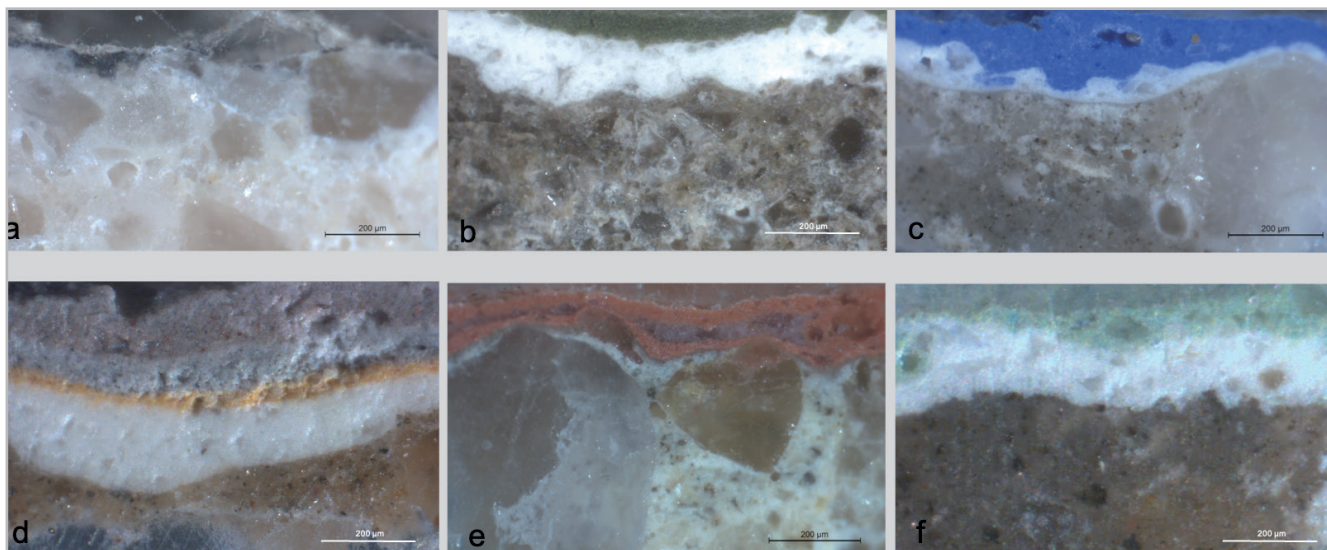
Con el estudio estratigráfico observamos notables diferencias entre las pinturas de los años 40 fijadas con silicato potásico, probablemente combinadas con otros aglutinantes, y las de dispersión de silicato de los años 80 en adelante, que sí guardan una similitud entre ellas en cuanto al espesor y aspecto de la película pictórica. En ninguno de los dos casos el pigmento llega a penetrar en profundidad en la porosidad del sustrato, sino que se deposita sobre la base generando un fino estrato en la primera y una capa homogénea de estructura compacta y porosa en las demás. En las pinturas de Bellver también se aprecia un depósito sobre la película pictórica, que podría corresponderse con el silicato potásico empleado como fijativo, que ha podido quedar en superficie, pero sería necesario confirmarlo con otro tipo de sistemas, como el SEM-EDS o XRF, para comprobar los mapas de distribución de elementos. En las muestras tomadas en los murales realizados con pinturas de dispersión de silicato, la película pictórica forma un estrato homogéneo, con una

Some samples have been embedded in resin for stratigraphic study using a Leica S8 APO magnifying glass and Leica DM 750 microscope. Together with the aforementioned commercial materials, others have been analyzed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy, attenuated total reflectance mode (FT-IR ATR), in the mid-infrared region, between 500 and 4000 cm^{-1} with a Bruker Alpha II, 64 background scans.

In the stratigraphic study, we observed notable differences between the paintings of the 1940s, fixed with potassium silicate and probably combined with other binders, and those of silicate dispersion of the 1980s onwards. The latter does have a similarity between them in terms of the thickness and appearance of the pictorial film. In neither case does the pigment penetrate deeply into the porosity of the substrate, but it is settled on the base, generating a thin layer in the first case and a homogeneous layer of compact and porous structure in the others. In the Bellver paintings, we can also observe a deposit on the pictorial film, which could correspond to the potassium silicate used as a fixative, which may have remained on the surface. Still, it would be necessary to confirm this with other systems, such as SEM-EDS or XRF to verify the distribution maps of elements. In the samples taken from the murals made with silicate dispersion paints, the pictorial film forms a homogeneous layer,

estructura aparentemente porosa y de espesor variable, oscilando entre los 17 y 96 μm . Se observa que, en casi todos los casos, existe una preparación compacta de un material similar al de la película pictórica, tal y como recomienda el fabricante, que es con la que hace reacción de unión y que, a la vez, la une al soporte. También vemos que, en el caso de las pinturas de dispersión de silicato los artistas superponen capas de manera que se forman conjuntos complejos, que en alguna ocasión no incluyen el estrato de preparación antes mencionado, sino que están aplicadas directamente sobre el revestimiento del muro [Figura 3].

with a porous structure of variable thickness, ranging from 17 to 96 μm . In almost all cases, there is a compact preparation of a material similar to that of the pictorial film, as recommended by the manufacturer, which is the one with which it makes the bonding reaction and which, at the same time, binds it to the support. We also saw that, in the case of silicate dispersion paints, the artists overlap layers so that complex assemblages are formed, which on some occasions do not include the preparation mentioned above but are applied directly on the wall covering [Figure 3].



Figura/Figure 3- .Vista a 10x, aumentos de la sección transversal de las muestras englobadas: a) Capilla de la Comunión, iglesia de la Santa Cruz; b) factoría Dacsa, Almassera; c) colegio Cavite, Valencia; d) Alginet; e) plaza de la Constitución, Picanya; f) Colegio Cervantes, Valencia. / 10x magnification vision, a cross-section of the samples included: a) Communion Chapel, the church of Santa Cruz; b) Dacsa factory, Almassera; c) Cavite primary school, Valencia; d) Alginet; e) *Plaza de la Constitución*, Picanya; f) Cervantes primary school, Valencia

La pintura de silicato potásico endurece mediante un proceso compuesto y complejo que se conoce como silicificación, que implica varios mecanismos entre los componentes de la pintura, el sustrato mineral sobre el que se aplica y el aire atmosférico. El secado físico sucede con la evaporación del agua y el curado químico a partir de diversas combinaciones: la del silicato potásico con el dióxido de carbono del aire (produciendo una mayor ratio de silicato potásico, carbonato potásico y dióxido de silicio); la del silicato potásico y el hidróxido cálcico presente en la base (que forman silicato cálcico, dióxido de silicio e hidróxido de potasio); el hidróxido potásico y el dióxido de carbono del aire (que da lugar a carbonato potásico, aunque esto se cuestiona desde los años 90); el silicato potásico y el cuarzo (que produce más silicato potásico) e incluso y de forma determinante, con otros iones presentes en muchos pigmentos inorgánicos, responsables en gran medida de la temprana gelificación (Hoßfeld 2020: 95).

El sistema patentado por Keim incluye tanto la formulación de la solución de silicato potásico, como la de los pigmentos, de carácter inorgánico, seleccionados para soportar la alcalinidad del sistema y favorecer las reacciones necesarias

Potassium silicate paint hardens through a complex composite process known as silicification, which involves several mechanisms between the components of the paint, the mineral substrate on which it is applied and atmospheric air. Physical drying occurs with water evaporation, and chemical curing depends on various combinations: that of potassium silicate with carbon dioxide from the air (producing a higher ratio of potassium silicate, potassium carbonate and silicon dioxide); that of potassium silicate and calcium hydroxide present in the base (forming calcium silicate, silicon dioxide and potassium hydroxide); potassium hydroxide and carbon dioxide from the air (which gives rise to potassium carbonate, although this has been questioned since the 1990s); potassium silicate and quartz (which produces more potassium silicate) and even and decisively, with other ions present in many inorganic pigments, primarily responsible for early gelling (Hoßfeld 2020: 95).

Keim's patented system includes both the formulation of the potassium silicate solution and the inorganic pigments selected to support the system's alkalinity and favor the necessary reactions between compounds and

entre compuestos, además de otras cargas que contribuyen a la fijación química de la pintura.

Las pinturas de dispersión de silicato potásico están orientadas al mercado de la construcción y siguen la norma DIN 18 363 2.4.1. para poder ser consideradas como pinturas minerales. Un ejemplo tipo de la formulación de estas pinturas incluiría las siguientes proporciones aproximadas, tomadas en peso: en torno a un 24,5% de silicato potásico; 19,5% de agua desmineralizada; 7,5% de emulsión acrílico-estirena; un 46% de cargas y pigmentos (26% carbonato cálcico en dos granulometrías/ 9,7% talco/ 9,7% dióxido de titanio) y en torno a un 2,5% de otros agentes variados como espesantes, dispersantes, antiespumantes, estabilizadores o agentes hidrófobos. En este tipo de formulaciones se varía la cantidad de sólidos de silicato potásico recomendados según se destinen a pinturas de exterior (4,5-7%), interior (3,5-5%) o "primers" (5,5-8%). (Marx 2016: 55, 59)

Una dispersión de sol-silicato incluye una proporción mucho menor de silicato potásico: aproximadamente un 10% de silicato potásico (29% sólidos); 2% de sílice coloidal (40% sólidos); 26,5% agua; 12% emulsión acrílica estirena; 47,5% de cargas y pigmentos (30% carbonato cálcico/ 7,5% talco/ 10% dióxido de titanio) y en torno a un 2% de otros aditivos (Marx 2016: 65).

En el caso del silicato de etilo el procedimiento de fijación se basa en la hidrólisis del material y su posterior transformación en dióxido de silicio. En contacto con el agua se hidroliza y forma ácido silícico y alcohol etílico, que se evapora, mientras el ácido silícico forma un gel que seca al tacto relativamente rápido y que, en un proceso más lento, en contacto con la humedad ambiental y la del propio muro, va transformándose en dióxido de silicio (Mayer 1970: 363; 486). Ante la imposibilidad de fabricar pinturas ya preparadas para ningún sector con este producto, los artistas realizaban sus recetas siguiendo las recomendaciones de los suministradores, en función de su forma comercial, empleando distintos modos de hidrólisis y mezclando los pigmentos, similares a los utilizados para el fresco, mientras el material se encuentra hidrolizado, combinado con otros productos, como disolventes y cargas para facilitar su aplicación y cobertura, e incluso añadiendo "vinilitas" en un 2-4% como plastificante (Schmid 1953: 5). Puesto que para este estudio no hemos podido acceder a murales realizados con estos materiales, sólo hemos estudiado el fijativo en su forma comercial destinada a su uso como consolidante, referenciado en la tabla 2.

Con el estudio con ATR-FTIR, detectamos que es posible establecer bandas características de las pinturas de dispersión de silicato, aunque como era previsible resulta complicado diferenciar las dispersiones de silicato de las de sol-silicato.

Los diferentes fijativos sin cargas ni pigmentos, tras 25 días de secado al aire, presentan muchos puntos comunes, aunque también se aprecian diferencias claras entre las soluciones de silicato potásico, las dispersiones de silicato potásico y el silicato de etilo [Figura 4].

other fillers that contribute to the chemical fixation of the paint.

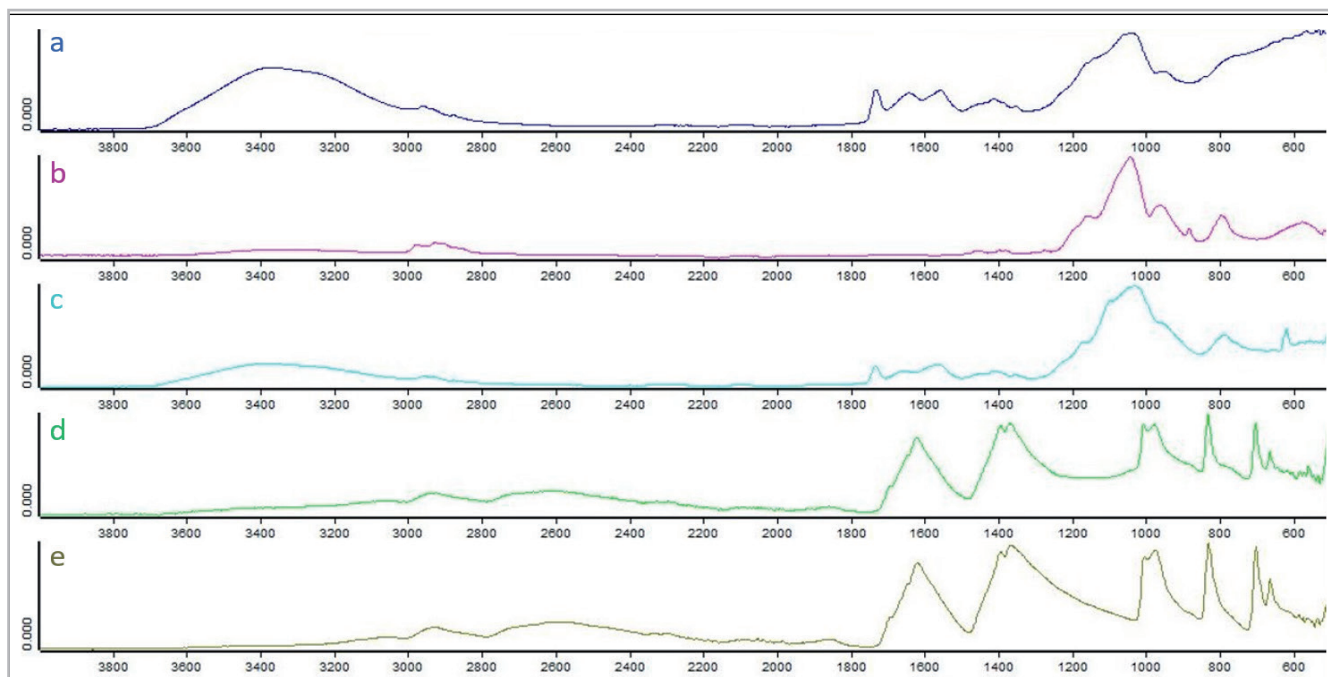
Potassium silicate dispersion paints are oriented to the construction market and follow DIN 18 363 2.4.1. to be considered mineral paints. A typical example of the formulation of these paints would include the following approximate proportions, taken by weight: potassium silicate is around 24.5%; 19.5% demineralized water; 7.5% acrylic-styrenated emulsion; 46% fillers and pigments (26% calcium carbonate in two granulometries/9.7% talc/9.7% titanium dioxide) and around 2.5% of other varied agents such as thickeners, dispersants, defoamers, stabilizers or hydrophobic agents. In these types of formulations, the amount of potassium silicate solids recommended varies depending on whether they are intended for exterior paints (4.5-7%), interior paints (3.5-5%) or "primers" (5.5-8%) (Marx 2016: 55, 59).

A silica sol dispersion includes a much lower proportion of potassium silicate: about 10% potassium silicate (29% solids); 2% colloidal silica (40% solids); 26.5% water; 12% styrenated acrylic emulsion; 47.5% fillers and pigments (30% calcium carbonate/ 7.5% talc/ 10% titanium dioxide) and about 2% other additives (Marx 2016: 65).

In ethyl silicate, the fixing procedure is based on the hydrolysis of the material and its subsequent transformation into silicon dioxide. In contact with water, it hydrolyses and forms silicic acid and ethyl alcohol, which evaporates. In contrast, the silicic acid forms a gel, relatively quick to dry to the touch. In a slower process, in contact with the ambient humidity and that of the wall itself, it is transformed into silicon dioxide (Mayer 1970: 363; 486). Given the impossibility of manufacturing ready-to-use paints with ethyl silicate, the artists made their recipes following the suppliers' recommendations of this material, depending on their commercial form, using different modes of hydrolysis and mixing pigments similar to those used for the fresco technique. While hydrolysed, they combined it with other products such as solvents and fillers that facilitated its application and covering. Even "vinylites" could be added in 2-4% as a plasticizer (Schmid 1953: 5). We have not been able to access murals made with these materials for this study. Therefore, we have only studied the fixative ethyl silicate in its commercial form, intended for use as a consolidant (referenced in Table 2).

With the ATR-FTIR study, we found it possible to establish characteristic bands of silicate dispersion paints. However, as expected, it is challenging to distinguish silicate dispersions from sol-silicate ones.

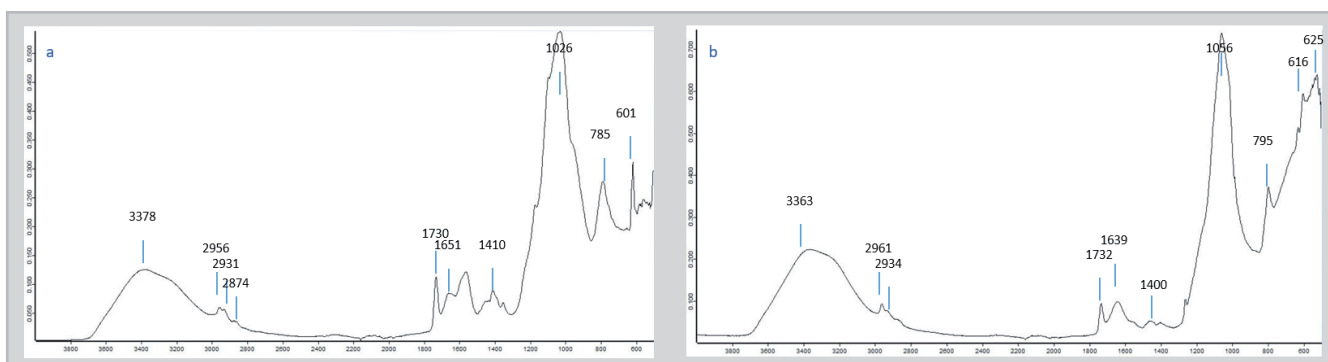
The different fixatives in the absence of fillers and pigments and after 25 days of the air-drying show many commonalities, although clear differences between potassium silicate solutions, potassium silicate dispersions and ethyl silicate are also apparent [Figure 4].



Figura/Figure 4- Bandas obtenidas de las mediciones realizadas sobre los fijativos: a) silicato de etilo (Estel 1000); b) dispersión de silicato potásico (Spezial Fixativ de Keim); c) dispersión de sol-silicato (Soldalit Fixativ de Keim); d) solución de silicato potásico (28-30 Kremer); e) solución de silicato potásico (Kreiden Fixativ de Keim). / Bands obtained from measurements on fixatives: a) ethyl silicate (Estel 1000); b) potassium silicate dispersion (Keim's Spezial Fixativ); c) sol-silicate dispersion (Keim's Soldalit Fixativ); d) potassium silicate solution (28-30 Kremer); e) potassium silicate solution (Keim's Kreiden Fixativ).

Hemos comprobado que en las pinturas comerciales de dispersión de sol-silicato podemos encontrar el patrón del fijativo, incorporando bandas características de las cargas y pigmentos habituales como el blanco de titanio [Figura 5].

We have observed that we can find the fixative pattern in commercial sol-silicate dispersion paints, incorporating bands characteristic of the usual fillers and pigments such as titanium white. [Figure 5]



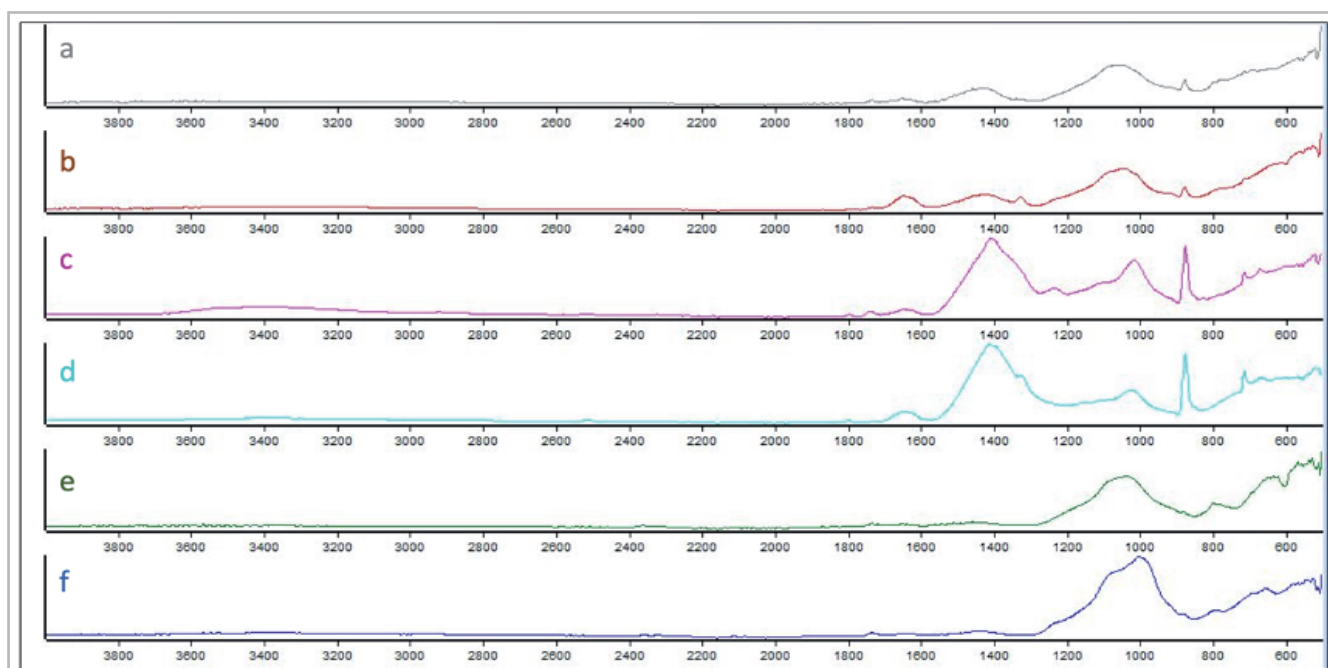
Figura/Figure 5- Espectro de muestras de dispersión de sol-silicato de la casa Keim, tras secado al aire: a) fijativo de sol-silicato; b) pintura Soldalit blanco 4977. / Spectra of Keim's sol-silicate dispersion samples after air drying: a) sol-silicate fixative; b) Soldalit paint white 4977. Spectra of Keim's sol-silicate dispersion samples after air drying: a) sol-silicate fixative; b) Soldalit paint white 4977.

Al comparar éstas con las muestras obtenidas en pinturas reales realizadas con dispersión de silicato encontramos ciertas similitudes entre los espectros. También entre las distintas muestras tomadas en diferentes lugares y fechas, especialmente entre los blancos (Fig.6, a, b, c, d) y los azules respectivamente (e y f). Se aprecia una importante banda situada en la región comprendida entre 900 y 1100 cm^{-1} , que se correspondería con los enlaces Si-O-Si (Alonso-Villar, Pozo-Antonio, Rivas 2020; Osswald y Snethlage 1996) y otro

Comparing these with the samples obtained in wall paints made with silicate dispersion, we appreciate a certain similarity between the spectra. The resemblance is detectable while observing samples taken in different locations and dates, especially between whites (Fig.6, a, b, c, d) and blues (e and f). A crucial band is located in the region between 900 and 1100 cm^{-1} , which would correspond to Si-O-Si bonds (Alonso-Villar, Pozo-Antonio, Rivas 2020; Osswald and Snethlage 1996). Another intense

pico intenso en torno a 780, que correspondería a enlaces Si-OH (Alonso-Villar, Pozo-Antonio, Rivas 2020). El otro pico importante, en torno a 1400 junto con los detectados a 874 y 711 y con mucha menos intensidad en 2512, se podrían deber al carbonato cálcico presente en las cargas empleadas en la formulación de estas pinturas (IROE, CNR (2007) "IMP00061, *calcium carbonate*"). Además, se identifican otro pico de menor intensidad en torno a 1730, detectado también en otros estudios realizados sobre pinturas de dispersión de sol-silicato secadas sobre aluminio (Alonso-Villar, Pozo-Antonio, Rivas 2020), que junto con el encontrado en torno a 2927 cm^{-1} indican, como sugieren los estudios citados, la presencia de componentes orgánicos y podrían corresponderse con una emulsión acrílico-estirenada, como la que también suele añadirse a las pinturas de dispersión de silicato potásico (Getty Conservation Institute 2007: SR00022 Acrocryl; 63822 Styrene acrylic) [Figura 6].

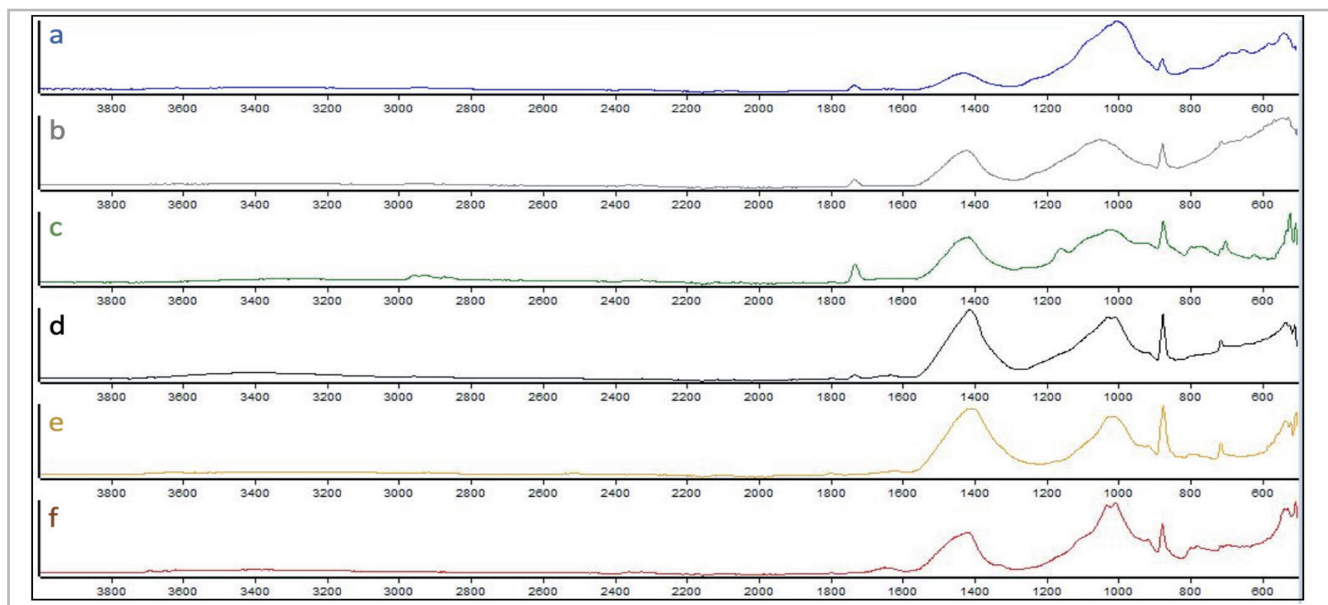
peak is revealed around 780 cm^{-1} , corresponding to Si-OH bonds (Alonso-Villar, Pozo-Antonio and Rivas 2020). The other significant peak, around 1400 cm^{-1} together with those detected at 874 and 711 cm^{-1} and much less intensity at 2512 cm^{-1} , could be due to the calcium carbonate present in the fillers used in the formulation of these paints (IROE, CNR (2007) "IMP00061, *calcium carbonate*"). In addition, another peak of lower intensity is identified around 1730 cm^{-1} , also detected in other studies carried out on sol-silicate dispersion paints dried on aluminum film (Alonso-Villar, Pozo-Antonio, Rivas 2020). This could indicate, together with the peak found around 2927 cm^{-1} , the presence of organic components corresponding to an acrylic-styrenated emulsion. The one usually added to potassium silicate dispersion paints (Getty Conservation Institute 2007: SR00022 Acrocryl; 63822 Styrene acrylic), as it is supposed by the studies mentioned above [Figure 6].



Figura/Figure 6- Espectros obtenidos de las muestras tomadas en pinturas murales realizadas en diferentes momentos: a) *Música per Alginet*; b) plaza de la Constitución, Picanya; c) edificio Pau, Picanya; d) y e) factoría Dacsca; f) colegio Cavite. / Spectra obtained from microsamples extracted from mural paintings made at different times: a) *Música per Alginet*, Alginet; b) *Plaza de la Constitución*, Picanya; c) *Edificio Pau*, Picanya; d) and e) Dacsca factory; f) Cavite primary school.

Por el contrario, los espectros de las muestras tomadas en las tres pinturas de José Bellver Delmás resultan diferentes. Se observa igualmente picos pronunciados entre los 900 y 1200 cm^{-1} , que podrían corresponderse con los enlaces Si-O-Si y también se aprecian otros, que podrían ser debidos al carbonato cálcico. Como era de esperar no se aprecian aquellos correspondientes a la emulsión acrílico-estirenada, aunque sí aparecen otros alrededor de 1620 y también en torno a 3400 y 3517-23, que unidos a los cercanos a 1005 y 1110, podrían deberse a la presencia de yeso (CNR, DIBAN, 2017: PI0003IA), aunque también pudieran indicar la presencia de materiales orgánicos, como los aglutinantes naturales que referencia en sus manuscritos, pero su confirmación requiere de un estudio más detallado [Figura 7].

On the other hand, the spectra of the samples taken from the three paintings of José Bellver Delmás are different. As expected, those corresponding to the acrylic-styrenated emulsion are not appreciated. However, others do appear around 1620 cm^{-1} and about 3400 and 3517-23 cm^{-1} , which, together with those near 1005 and 1110 cm^{-1} , could be due to the presence of gypsum (CNR, DIBAN, 2017: PI0003IA). However, they could also indicate organic materials, such as the natural binders he refers to in his manuscripts, but their confirmation requires a more detailed study. Pronounced peaks are also observed between 900 and 1200 cm^{-1} , which could correspond to the Si-O-Si bonds, and others are also seen, which could be due to calcium carbonate [Figure 7].



Figura/Figure 7- . Espectros obtenidos de las muestras de los murales de Bellver en la capilla del colegio Escolapias de Valencia (a), iglesia de la Inmaculada Concepción en Onteniente (b) e iglesia de la Santa Cruz de Valencia (c). / Spectra obtained from the samples of the Bellver murals in the chapel of the Escolapias primary school in Valencia (a), the church of Inmaculada Concepción in Onteniente (b) and church of Santa Cruz in Valencia (c).

Conclusiones

Como hemos visto, las pinturas al silicato constituyen un capítulo significativo en la producción mural de los siglos XX y XXI. Hemos comprobado que existen diferentes tipologías de obras, vinculadas al momento concreto de realización y el lugar geográfico, así como a las influencias del acceso a las fuentes escritas. Las pinturas referidas como estereocromía, se localizan principalmente en Centroeuropa, aunque de forma puntual es posible encontrar murales en otros países como Inglaterra, Estados Unidos, Argentina y España, entre otros. La mayoría de estas obras se caracterizan por ser experimentales y no en todas se ha seguido un mismo proceso, siendo realizadas las más antiguas con silicatos sódicos y potásicos, estableciendo unas fórmulas más estables a partir de la patente desarrollada por Keim y siendo reinterpretadas por los artistas, décadas después, empleando el silicato potásico, en algunos casos como una técnica mixta, en combinación con otros aglutinantes. Esta tipología de disoluciones de silicato potásico de dos componentes no tuvo la popularidad prevista de inicio en la realización de murales, salvo en Alemania, Suiza y Austria, aunque se siguió experimentando, avanzado el siglo XX, con materiales cercanos como son los silicatos de etilo, especialmente en el continente americano. A partir de la entrada en el mercado de las dispersiones de silicatos potásicos orientados al revestimiento de fachadas, las pinturas murales realizados a partir de pinturas minerales experimentan un auge que dará lugar a numerosas obras tanto en Europa como en América y que continúa en aumento, especialmente desde la existencia de las nuevas dispersiones de sol-silicato, que facilitan su aplicación sobre soportes no inorgánicos.

El estudio de micromuestras extraídas de obras reales, ubicadas en la comunidad valenciana y realizadas en las

Conclusions

As we have seen, silicate paintings constitute an essential chapter in 20th and 21st century mural production. We have verified that there are different types of works linked to the specific time of realisation and the geographical location and influences relying on access to written sources. The paintings referred to as stereochromy are located mainly in Central Europe. However, it is possible to find murals in other countries such as England, the United States, Argentina, and Spain. Most of these works are characterized by being experimental, and not all have followed the same process. The oldest ones were made with sodium and potassium silicates, and more stable formulas based on the patent developed by Keim were later established. Artists experimented with them decades later, using potassium silicate in some cases as a mixed technique, in combination with other binders. This type of two-component potassium silicate solution was not as popular as expected at the beginning in the creation of murals, except in Germany, Switzerland and Austria. However, late in the 20th century, experimentation continued with similar materials such as ethyl silicates, especially in the American continent. Since the entry on the market of potassium silicate dispersions for façade coatings, wall paintings made from mineral paints have experienced a boom that will give rise to numerous works of art in Europe and America. That continues to increase, especially since the existence of the new silica sol dispersions, which facilitate their application on non-inorganic substrates.

The study of micro-samples extracted from real works, located in the Valencian community and carried out

décadas de los 40, 90 y 2000 corrobora las diferencias técnicas existentes entre ellas y sugiere la necesidad de realizar nuevas investigaciones acerca de sus procesos de envejecimiento y respuesta a tratamientos habituales en la conservación y restauración de pinturas murales. Aunque el presente estudio supone tan sólo un primer acercamiento a la caracterización de este tipo de pinturas, que sería necesario complementar con otras técnicas, los análisis con FTIR-ATR han ofrecido resultados prometedores; por ello se plantea continuar esta línea metodológica, con la intención de generar una biblioteca específica que ofrezca patrones de utilidad, tanto para la identificación, como para el estudio de procesos de alteración, en murales que hayan sido realizados con pinturas minerales.

in the 40's, 90's and 2000, corroborates the technical differences between them and suggests the need for further research on their aging processes and response to standard treatments in the conservation and restoration of wall paintings. Although this study is only a first approach to the characterization of this type of paintings, we have been able to verify that, despite its limitations and the need to complement it with other analysis techniques, FTIR-ATR offers promising results. We are considering continuing this line to generate a specific library that could provide valuable patterns, both for the identification and the study of alteration processes in murals that have been made with mineral paints.

Referencias /References

- ALONSO-VILLAR, E.M., POZO-ANTONIO J.S., RIVAS T. (2020). "Environmentally friendly alternatives in urban art: durability of sol-silicate paints to solar radiation and marine exposition". En *Green Lines Bookseries on Heritage Studies*, 01: 153-162.
- BARRIO N., WECSHLER, D. (2014). "Ejercicio plástico: la reinención del muralismo", *Colección Artes y Letras. Serie Arte y Materia*. Provincia de Buenos Aires: UNSAM EDITA.
- CAVE, T.W. (1869). *Mural or monumental decoration: its aims and methods. Comprising fresco, encaustic, water-glass, mosaic, oil painting. With an appendix*. London: Windsor&Newton.
- CHURCH, A.H. (1890). *The chemistry of paint and paintings*, London: Seeley and CO Limited. <https://archive.org/details/chemistrypaints01churgoog>. [consulta 08/05/21].
- CNR, DIBAN, (2017). "FT-IR ATR: PI0003IA – Yeso" en Base de datos de espectros FT-IR ATR. 67. [bases de datos] https://www.cncr.gob.cl/611/articles-75793_archivo_01.pdf. [consulta 08/05/2021].
- COAM, PRODUCTOS SIRIOS S-A. (1959). "Nuevos productos: la pintura petrificante "Silexore" en *Arquitectura* 7. <https://www.coam.org/media/Default%20Files/fundacion/biblioteca/revista-arquitectura-100/1959-1973/docs/revista-completa/revista-arquitectura-1959-n07.pdf>. [consulta: 08/05/2021].
- COLLADO JAREÑO, C., BLASCO CARRASCOSA, J.A. (1989). *La pintura mural en la ciudad de Valencia durante el franquismo (1939-1975). Un estudio de catalogación*, Tesis doctoral no publicada. Valencia: Universidad Politécnica.
- DE LUISE, C. (2006). "A Finding Aid to the Abraham Joel Tobias Papers, 1913-2000", in the *Archives of American Art*. Washington DC: Smithsonian Archives of American Arts. <https://sirismm.si.edu/EADpdfs/AAA.tobjoel.pdf>. [consulta 08/05/21].
- DOERNER, M. (1946). *Los materiales de la pintura y su empleo en el arte*. Morata D. (versión española a cura de). Barcelona: Editorial Reverté S.A. (Mahlmaterial und seine Verwendung im Bilde, obra original publicada en 1920).
- GETTENS, R.J., STOUT, G. L. (1966). *Painting Materials, A Short Encyclopaedia*. New York: Dover Publications, Inc., 77. (obra original publicada en 1942).
- GETTY CONSERVATION INSTITUTE (2007). "ISR00022, Acrocryl 63822, Styrene acrylic emulsion" en *Infrared and Raman Users Group Spectral Database*. Infrared and Raman Users Group [base de datos]. <http://irug.org/jcamp-details?id=275>. [consulta 08/05/2021].
- GUTIÉRREZ, J. (1986). *Del fresco a los materiales plásticos. Nuevos materiales para pintura de caballete y mural*, BACKAL DE SORIANO H., MENEZ F. (traductores). México DF: Instituto Politécnico Nacional. (*From fresco to plastics: new materials for easel and mural paintings*, obra original publicada en 1956).
- HOßFELD V., LÜHKEN A., BADER H.J., (2019). "Wandmalereien mit Silikatfarben – Ein Thema für Chemie und Kunst", en *CHEMKON*, 26: 95-102. <https://doi.org/10.1002/ckon.201800053>. [consulta: 08/05/21].

- IROE, CNR (2007). "IMP00061, calcium carbonate" en *Infrared and Raman Users Group Spectral Database*. <http://www.irug.org/jcamp-details?id=461>. [consulta 08/05/2021]
- JACKSON, F. H (1904). *Mural painting*. New York: C. Scribner's Sons. 88. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101067623502&view=2up&seq=155&q1=keim>. [consulta 08/05/21].
- JEAN, G. (2013). "La manualistica sul colore ad uso di architetti e imbianchini", en *La conservazione delle policromie nell'architettura del XX secolo*, Jean G. (a cura de). Lugano; Firenze: Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana; Nardini Editore, 183-213.
- KEIM, A. W. (1881). *Die Mineral-Malerei: Neues verfahren zur herstellung witterungs beständiger Wandgemälde*. Wien: Hartleben.
- KINSEHER, K (2013). "Womit sollen wir malen?" *Farben-Streit und maltechnische Forschung in München. Ein Beitrag zum Wirken von Adolf Wilhelm Keim*, dissertation, München: Technische Universität München.
- KUHLMANN, F. (1859). "On the Applications of Water Glass, Soluble Alkaline Silicate, in the Arts", *The Journal of the Society of Arts*, 347 (7): 583-592. <http://www.jstor.org/stable/41334473>. [consulta 08/05/21].
- LAURIE, A. P. (1926). *The painter's Methods and Materials*; reprint 1967. London: Seeley, Sernice & Co. London: Winsor and Newton. https://openlibrary.org/books/OL13490248M/Mural_or_monumental_decoration. [consulta: 08/05/21].
- MAYER, R. (1970). *A Dictionary of Art Terms and Techniques*. New York: Barnes & Noble Books.
- MILLER, B. F. (1998). "Painting materials research in Munich from 1825 to 1937", en *Studies in Conservation*, 43 (sup1): 246-248. <https://doi.org/10.1179/sic.1998.43>. [consulta 08/05/21].
- MOMA (1958). Subway art at the Museum of Modern, *Art Press release*, 325105. Moma: New York. https://assets.moma.org/documents/moma_press-release_325105.pdf. [consulta 08_05_2021].
- OSSWALD, J., SNETHLAGE, R. (1996). The hardening process in silicate paints, en *8th International congress on deterioration and conservation of stone : proceedings*, Berlin, 30 Sept. - 4 Oct. ICCROM, 1265-1276. <http://iscs.icomos.org/pdf-files/Berlin1996/8thStoneProg.pdf> [consulta 08_05_2021]
- PETTENKOFER, M. (1849). *Fuchs'sche Wandmalerei (sterochromie)*, Band 113, Nr LIV, 217-225. <http://dingler.culture.hu-berlin.de/article/pj113/ar113054>. [consulta 08/05/21].
- PONTIGGIA, E. (2018). *Mario Sironi: La grandezza dell'arte, le tragedie della storia*. Monza: Johan & Levi Editore.
- PURSCHE, J. (1998). "Betrachten zur Malerei mit Alkalisilikaten. Geschichte, Maltechnik und Restaurierung" en *Mineralfarben: Beiträge zur Geschichte und Restaurierung von Fassadenmalereien und Anstrichen*, Wohlleben M. (edita). Zurich: vdf Hochschulverlag AG.
- RIVINGTON, J. A. (1883). "A new process for producing permanent mural Paintings, invented by Adolf Keim, of Munich" en *Journal of the Society of Arts*. 32. Londres: The Society of Arts. <https://www.proquest.com/docview/1307236123?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&imgSeq=1>. [consulta 08_05_2021].
- ROGALA, D. V. (2016). *Hans Hoffman: The Artist's Materials*, Los Angeles: Getty Publications.
- SCHMID, F.W. (1953). *Ethyl silicate and vinilite as painting media for murals*. Paper presented to the Faculty of the Graduate School Sacramento State College. http://csus-dspace.calstate.edu/bitstream/handle/10211.3/194240/1953SchmidFred_Redacted.pdf?sequence=1. [consulta 08/05/2021].
- SCHMIDT, C. (1928). *Fünfzig Jahre Keim'sche Mineralfarben. Abschrift der Referenzenliste von 1928*. Zurich: Keimsche Mineralfarben. http://www.keim.ch/fileadmin/ch/pdf/keimsche_zusammenfassung_1928.pdf. [consulta 08/05/2021].
- SCHOENEMANN, A., GRUENES, F., MENRAD, A. (2017). "Silicate-based murals at the market hall in Stuttgart: An investigation into art technology and damage phenomena for the development of a conservation approach". En *ICOM Committee for Conservation 18th Triennial Meeting*, Copenhagen Denmark 4-8 September 2017. <https://www.icom-cc-publications-online.org/1680/Silicate-based-murals-at-the-market-hall-in-Stuttgart--An-investigation-into-art-technology-and-damage-phenomena-for-the-development-of-a-conservation-approach>. [consulta 08/05/21].

SCHÖNBURG K. (2006). *Silicatfarbentechnik am Bauwerk: Vorteile der Silicatfarbentechnik für das neue und historische Bauwerk. Anwendung und Ausführung von Anstrichen, Dekorationen und Wandmalereien*. Berlin, Wien, Zurich, Beuth Verlag GmbH.

SIQUEIROS, D. A. (1951). *Como se pinta un mural*. Jardines de Cuernavacas, Morelos: Ediciones Taller Siqueiros, Venus y sol.

VALERO REDONDO, M., SANCHÉZ PONS M. (2009) *José Bellver, muralista valenciano del siglo XX. Catalogación de sus obras murales y aproximación a las técnicas pictóricas empleadas*. Trabajo final de Máster, Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Valencia: Universidad Politécnica.

VON FUCHS, J. N. (1857). *Bereitung, Eigenschaften und Nutzenanwendung des Wasserglases mit Einschluss der Stereochromie*. München: Literar.-Artist. Anstalt.

WOHLLEBEN M. (1998). "Adolf Wilhelm Keim- ein Wissenschaftler mit ethischem Anspruch", en *Mineralfarben: Beiträge zur Geschichte und Restaurierung von Fassadenmalereien und Anstrichen*, Wohlleben M. (edita). Zurich: vdf Hochschulverlag AG.

Autor/es



Mercedes Sánchez Pons

mersanpo@crbc.upv.es

Universitat Politècnica de València

<https://orcid.org/0000-0003-4653-7885>

Doctora por la Universitat Politècnica de Valencia (2002, programa de Conservación y Restauración de Bienes Culturales). Desde 2003 es profesora titular del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la UPV en los títulos de Grado y Máster, en los que imparte docencia relacionada con la conservación y restauración de pinturas murales y en particular murales contemporáneos y arte urbano, desde el año 2006. Forma parte del Grupo de Investigación Taller de análisis e intervención en Pinturas Murales del Instituto de Restauración del Patrimonio de la UPV, pertenece al Micro-Clúster de Investigación (MCI) "Globalización, turismo y patrimonio" en International Campus of Excellence VLC/CAMPUS, y es también miembro del grupo de Arte Urbano y Público del Ge-IIC. Ha dirigido y participado en numerosos proyectos de investigación, catalogación e intervención de pinturas murales, nacionales e internacionales, destacando entre los más recientes la restauración de los murales de la iglesia de San Nicolás en Valencia y el Proyecto Europeo *Ewaglos: european illustrated glossary of conservation terms for wall painting and architectural surfaces*. Es también co-editora y autora del volumen *Conservation Issues in Modern and Contemporary Murals* (Cambridge Scholars Publishing, 2015).

y un nivel de protección oficial para unos paneles cerámicos publicitarios de la década de los '60, emblemáticos para la ciudad de Valencia. Como restaurador ha desarrollado su labor en diferentes Comunidades Autónomas y en el área Valenciana, en tareas ligadas a la restauración de los paramentos y decoraciones exteriores de monumentos como la Catedral de Teruel y de Lleida. Combina la labor práctica con la investigación en pintura mural contemporánea y la formación permanente en el campo de la conservación del Patrimonio, con el fin de alcanzar el tratamiento holístico de la obra de arte. Es actualmente estudiante del Máster en Análisis y Atribución de Obras de Arte de la Universitat de València.

Artículo enviado el 08/11/2021
Artículo aceptado el 28/11/2021



<https://doi.org/10.37558/gec.v20i.1074>



Duccio Sanesi Bigagli

duccio.sanesi@live.com

Investigador independiente. Universitat Politècnica de València

<https://orcid.org/0000-0003-3363-5478>

Diplomado en *Operatore de los Bienes Culturales por la Università di Firenze*, una vez en España se ha acercado al mundo de la restauración frecuentando el máster en Conservación y Restauración de la Universidad Politécnica de València. Con el trabajo final de dicho título se logró el reconocimiento patrimonial