

ESTUDIO DE LA AFINIDAD DE REINTEGRACIONES CROMÁTICAS A BASE DE NANOSÍLICE Y PINTURAS MURALES AL FRESCO EXPUESTAS A AMBIENTES NATURALES



Daniel Jiménez-Desmond¹, J. Santiago Pozo-Antonio¹ y Anna Arizzi²

1) CINTECX, grupo GESSMin, Escuela de Ingeniería de Minas y Energía, Universidad de Vigo, 36310 Vigo, España
2) Dpto. de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071 Granada, España

Universidad de Vigo



INTRODUCCIÓN

Las pinturas murales expuestas a la intemperie son susceptibles a deteriorarse al interactuar con factores ambientales (humedad, temperatura, radiación solar, gases contaminantes, etc.). Como consecuencia se producen formas de alteración que pueden conllevar la pérdida de la capa pictórica, y esto implica que se tengan que llevar a cabo tratamientos de reintegración cromática. En la actualidad, la técnica más recomendada para este tipo de reintegraciones es la aplicación de una mezcla de pigmento y aglutinante mineral. Mientras que el silicato potásico o sódico pueden dar lugar a la formación de sales, la nanosílice puede evitar dichas alteraciones. Sin embargo, el estudio de su comportamiento como aglutinante de pigmentos es inexistente. El objetivo es el de analizar la compatibilidad entre pinturas murales y reintegraciones cromáticas.

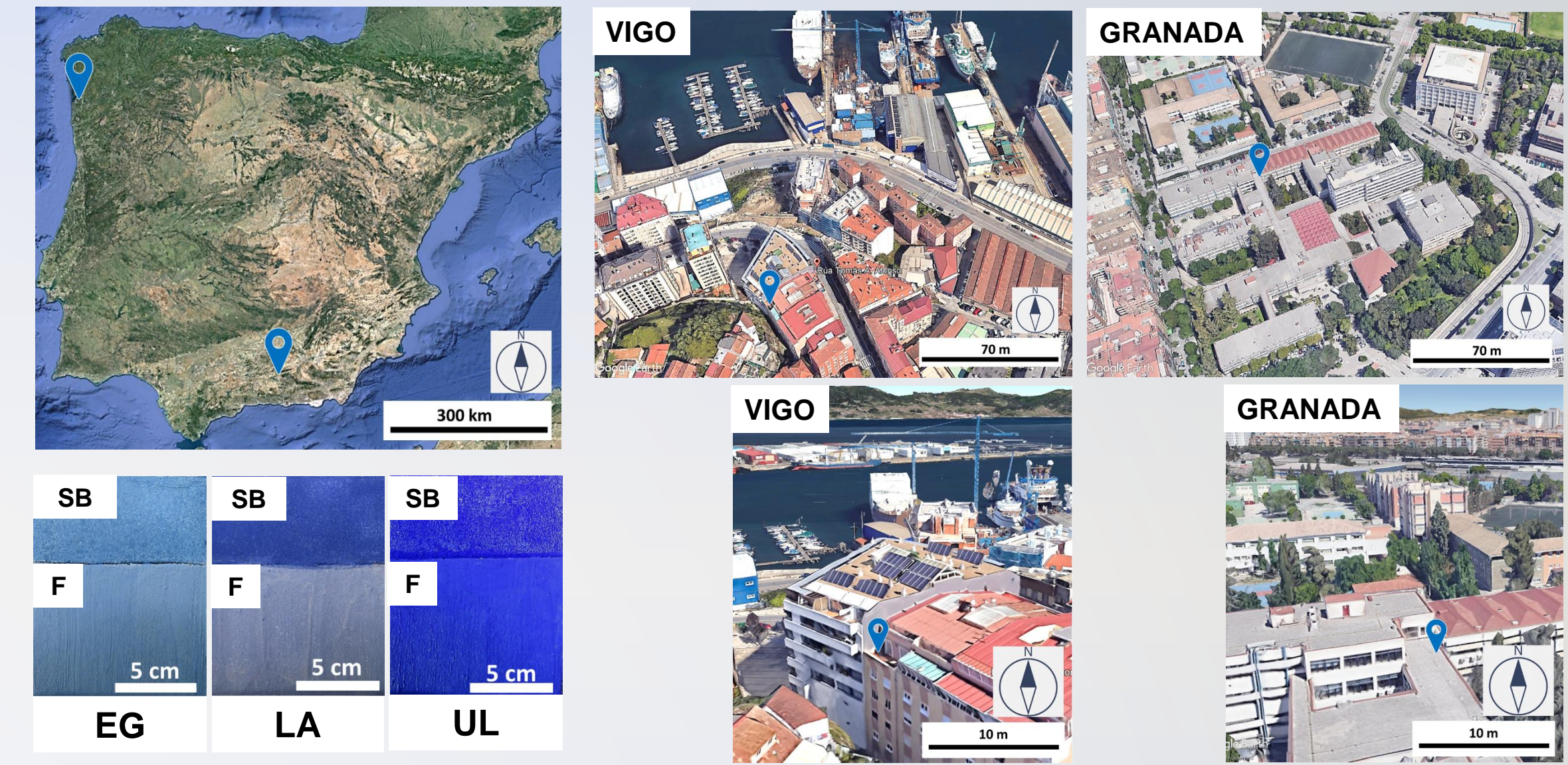
MATERIALES Y MÉTODOS

- **Pinturas modelo:** pintura al fresco (F) y reintegraciones cromáticas con NanoEstel® (SB) con azul egipcio (EG), lapislázuli (LA) y ultramar (UL).

- **Ambiente de exposición (6 meses):** Vigo (NO), ambiente húmedo, temperaturas moderadas, influencia marina y bajos niveles de contaminación; y Granada (S), ambiente seco, temperaturas extremas y altamente contaminado. Las pinturas se ubicaron con orientación SE en ambas ciudades.

- **Metodología:**

- Caracterización previa de los pigmentos: DRX y difracción por rayos láser (DRL).
- Control visual y colorimétrico: fotografía digital y espectrofotometría (L^* , a^* , b^* , ΔE^*_{ab}).
- Evaluación final tras seis meses de exposición: estereomicroscopía, DRX por incidencia rasante, FTIR y SEM-EDS.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

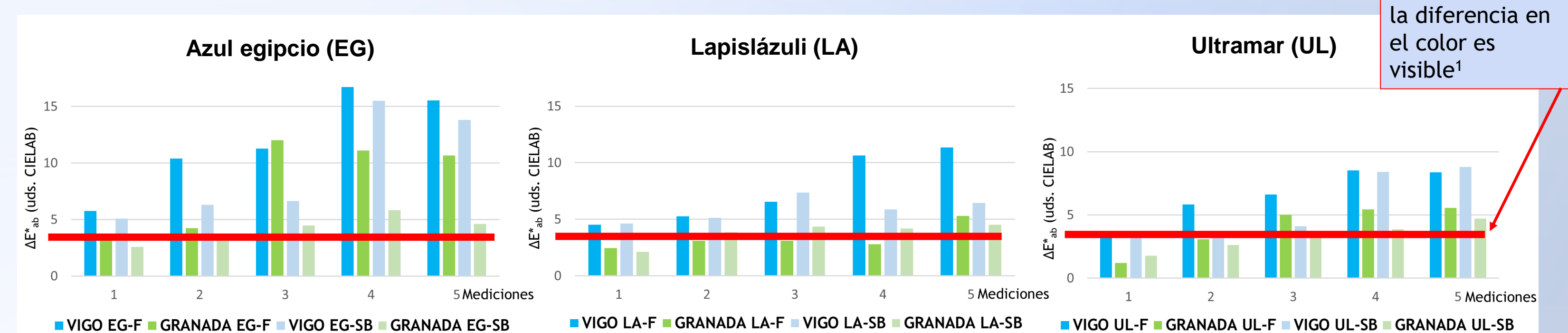
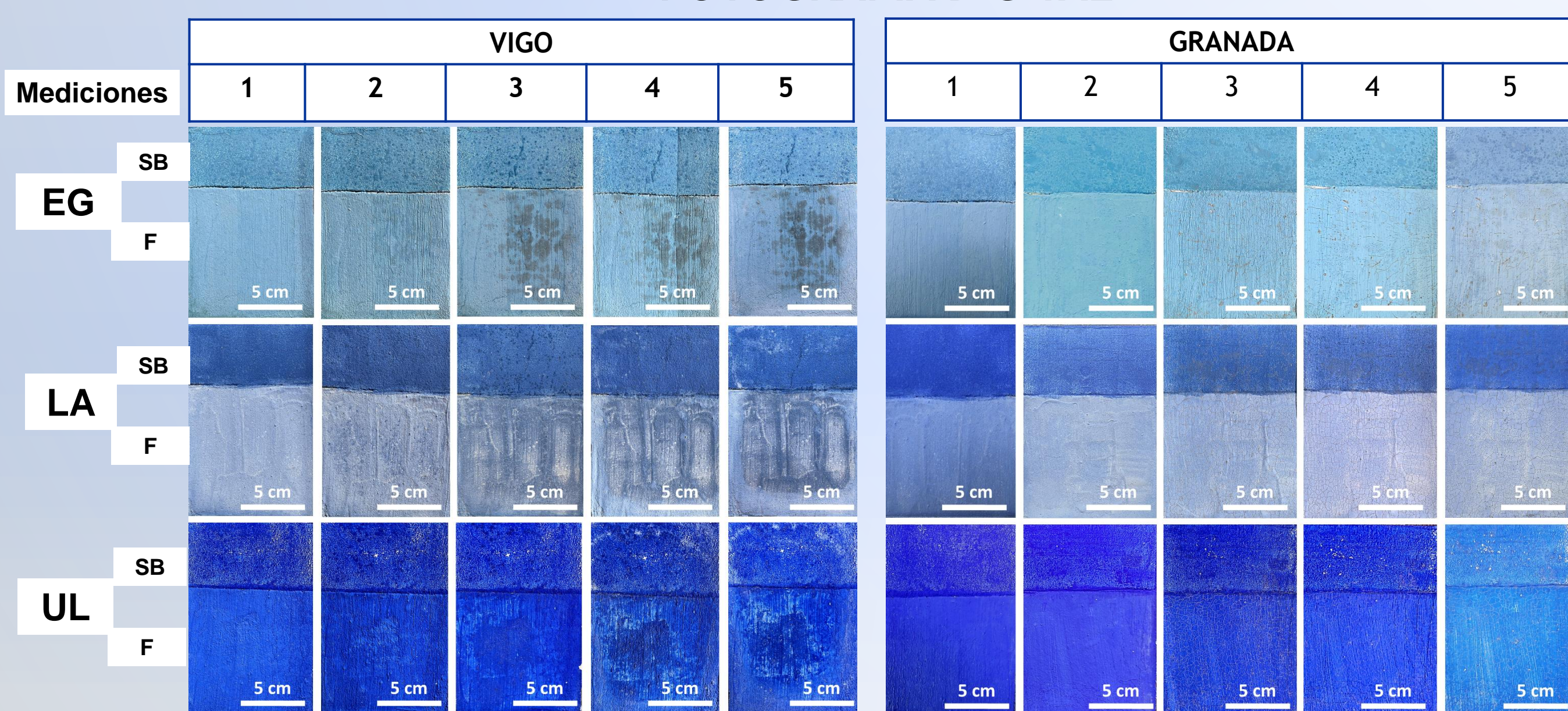
CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LOS PIGMENTOS

Referencia del fabricante	Ref. 100601. Azul de Egipto, silicato de cobre azul	Ref. 10510. Lapislázuli, calidad media de Afganistán	Ref. 45010. Azul ultramar, oscuro, pigmento mineral sintético
Tamaño de grano del fabricante	<10 μm	No suministrado	2,50 μm
Composición del fabricante	Silicato de cobre del mineral cuprorivaita	Silicato de sodio, aluminio y calcio	Sulfosilicato de sodio y aluminio
Tamaño de grano de los autores por DRL	r: 0,25 - 55 μm Mm: 4,5 μm	r: 0,3 - 100 μm Mm: 20 μm	r: 0,7 - 35 μm Mm: 2,5 (25) μm
Composición de los autores por DRX	Cuprorivaita ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$)	Lazurita ($\text{Na}_3\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12})\text{S}$); Sodalita ($\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$); Nosean ($\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{SO}_4)\cdot\text{H}_2\text{O}$); Hauyna ($\text{Na}_3\text{Ca}(\text{Si}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}(\text{SO}_4))$); Calcita (CaCO_3); Diópsido ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$); Pirita (FeS_2); Albita ($(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$); Moscovita ($\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$); Wollastonita (CaSiO_3)	Lazurita ($\text{Na}_3\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12})\text{S}$); Sodalita ($\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$); Hauyna ($\text{Na}_3\text{Ca}(\text{Si}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}(\text{SO}_4))$); Nefelina ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$); Caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

FOTOGRAFÍA DIGITAL

CONTROL VISUAL Y COLORIMÉTRICO

ESPECTROFOTOMETRÍA¹



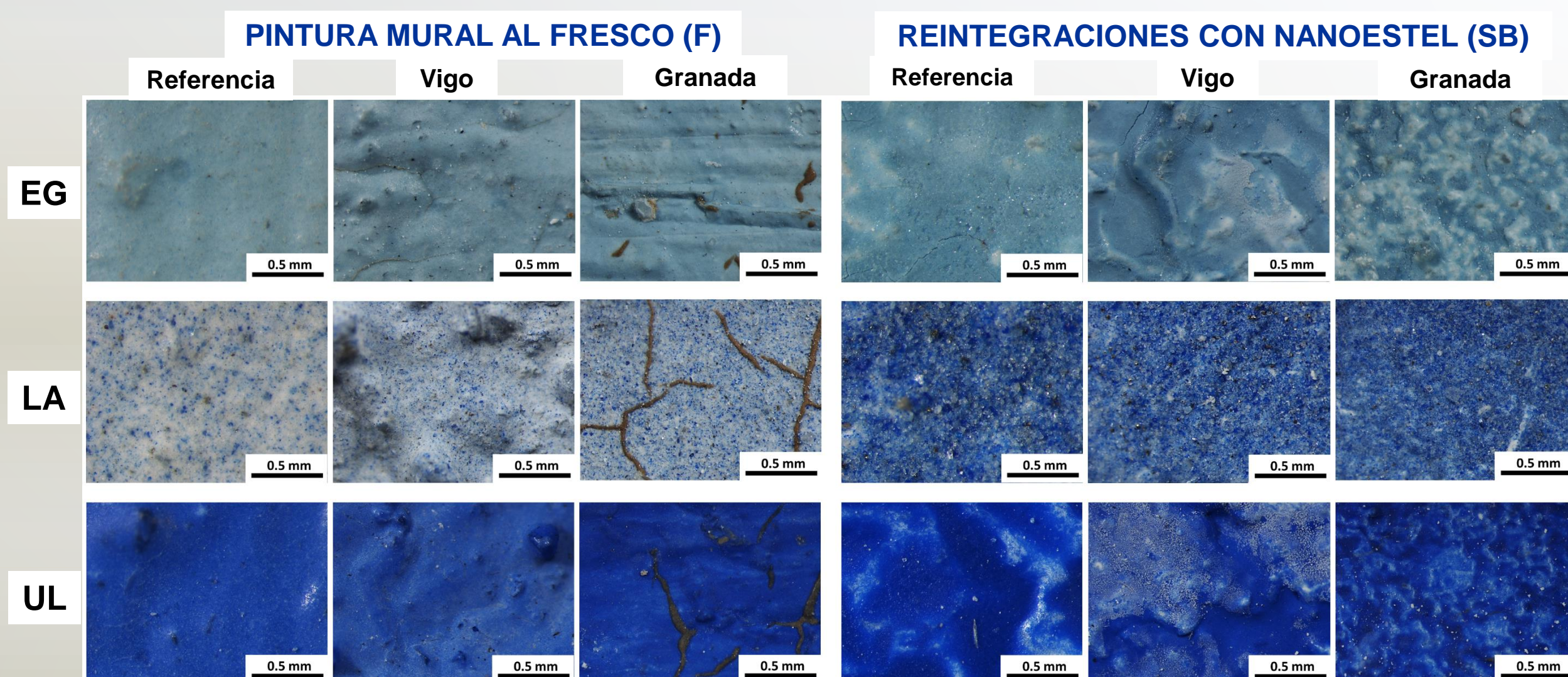
Por encima de 3,5 uds. CIELAB la diferencia en el color es visible¹

- Vigo: mayores alteraciones, sobre todo los frescos a partir de la 3ª medida.
- Granada: craquelado superficial en los frescos y con tonalidad marrón.

- Independientemente de F o SB, mayor ΔE^*_{ab} en las pinturas con azul egipcio, seguidas por las de lapislázuli y las de ultramar.
- Mayor ΔE^*_{ab} en las muestras expuestas en Vigo. De hecho en las muestras de Granada, sus ΔE^*_{ab} están por debajo o muy próximos al valor límite a partir del cual un cambio de color es visible para cualquier persona.
- Las reintegraciones (SB) presentan menor ΔE^*_{ab} que sus correspondientes F.

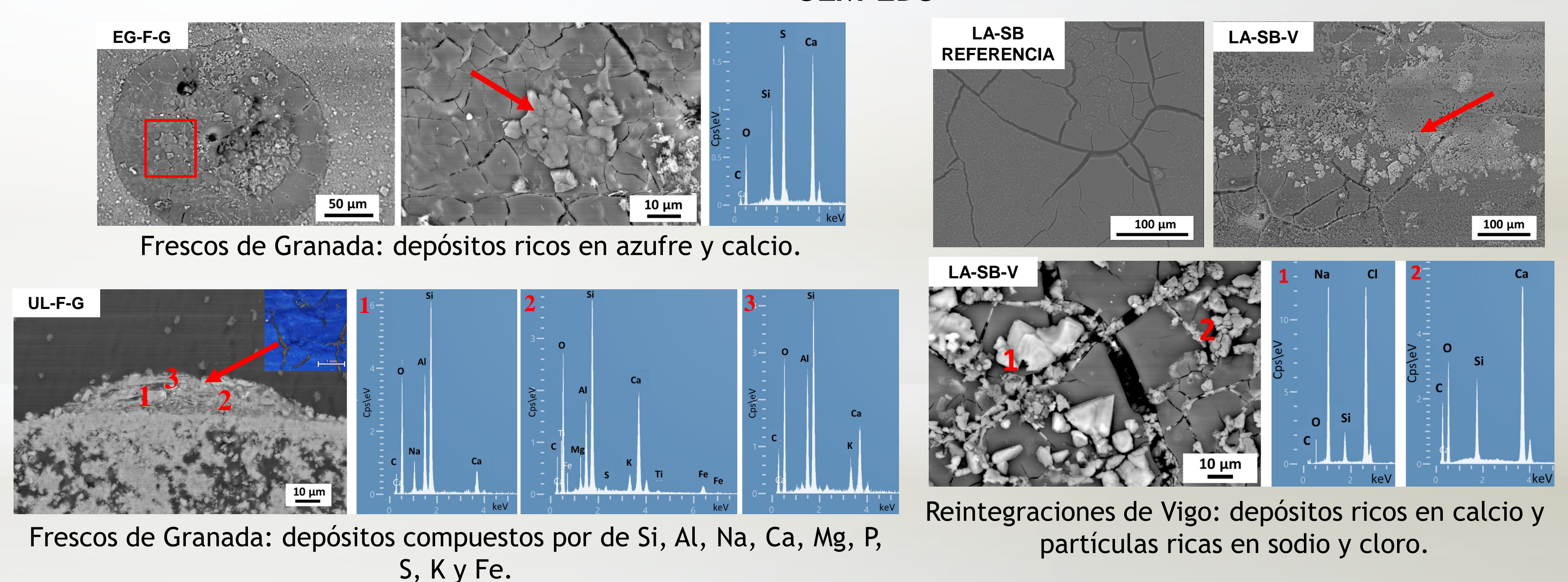
EVALUACIÓN FINAL TRAS SEIS MESES DE EXPOSICIÓN

ESTEREOMICROSCOPIA



- Vigo: ligero velo blanquecino en forma de depósitos puntuales, más patente en las reintegraciones de NanoEstel (SB).
- Granada: depósitos superficiales de color marrón, exclusivamente en los frescos (F).

SEM-EDS

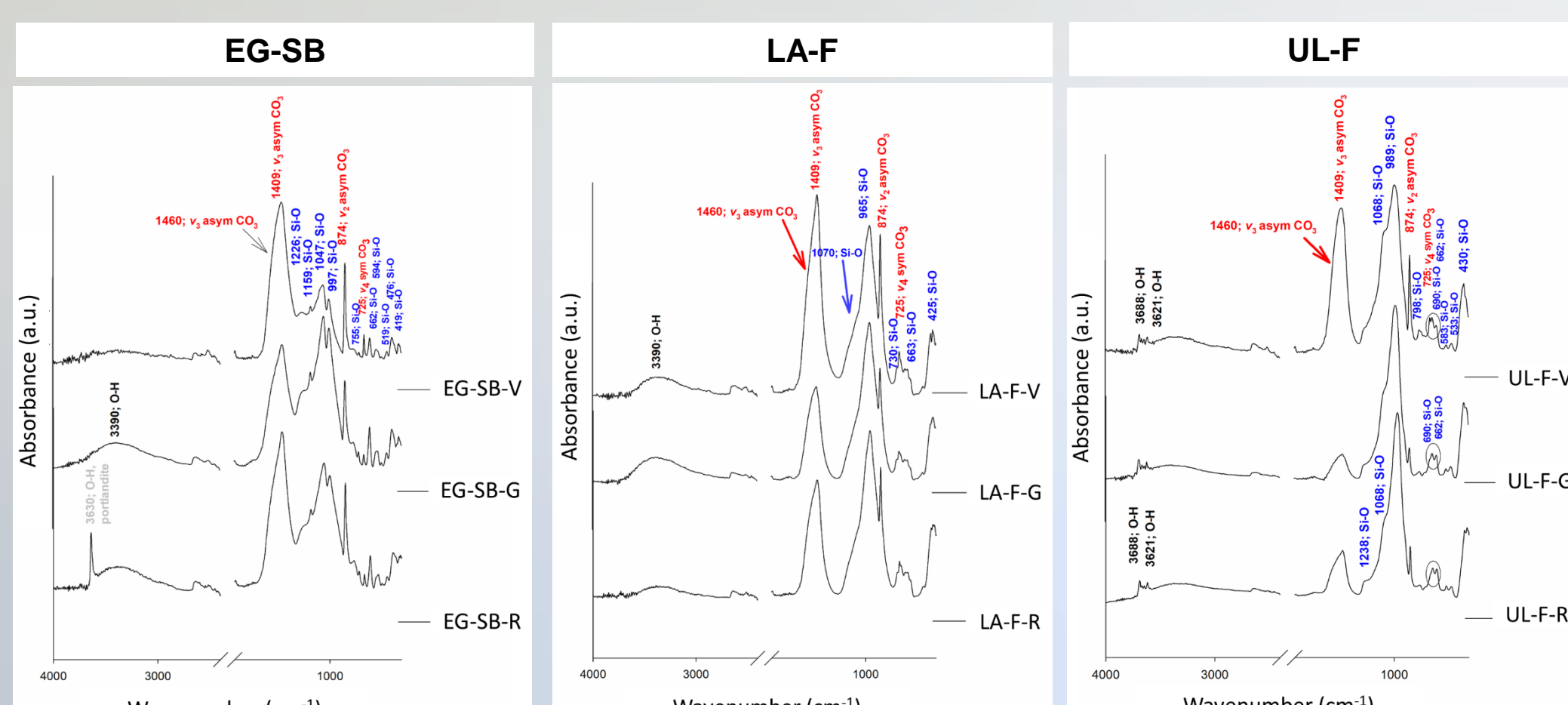


Frescos de Granada: depósitos ricos en azufre y calcio.

Frescos de Granada: depósitos compuestos por de Si, Al, Na, Ca, Mg, P, S, K y Fe.

Reintegraciones de Vigo: depósitos ricos en calcio y partículas ricas en sodio y cloro.

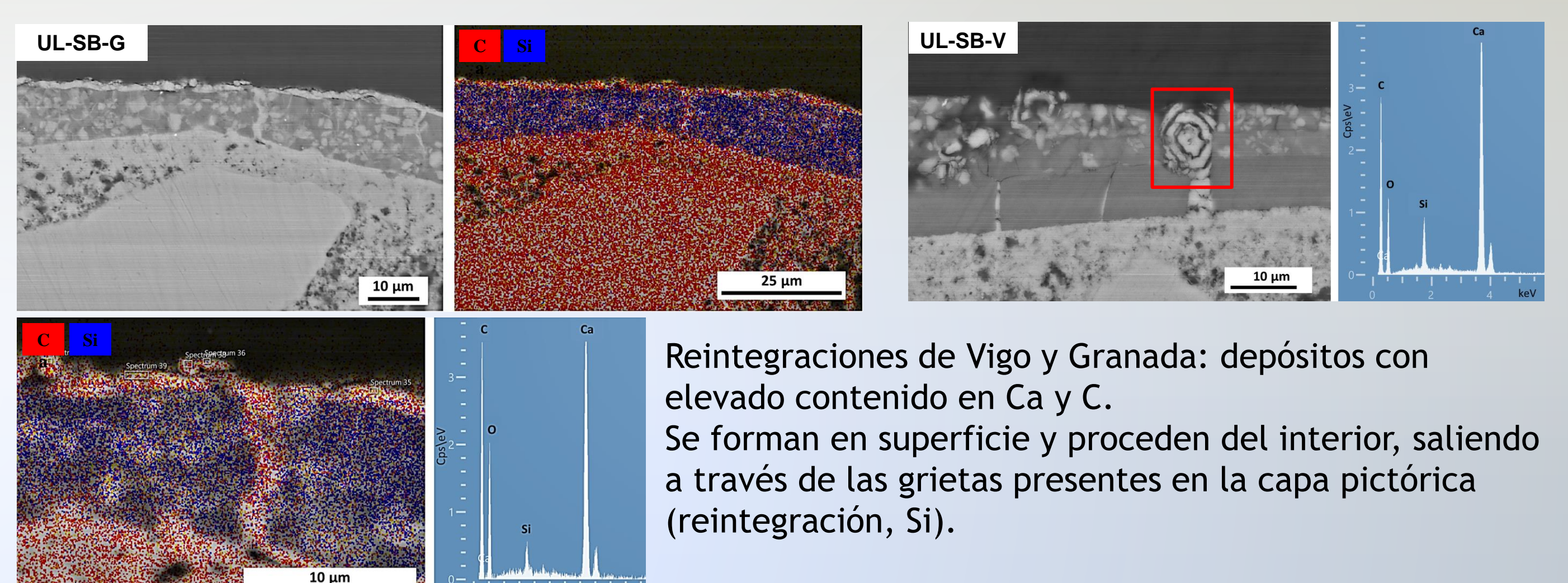
FTIR



DRX

No se han identificado nuevas fases, pero sí un aumento de calcita (CaCO_3).

Incremento en la intensidad de las bandas $-\text{CO}_3$ (carbonatos), principalmente en Vigo en EG-SB, LA-F y UL-F.



Reintegraciones de Vigo y Granada: depósitos con elevado contenido en Ca y C. Se forman en superficie y proceden del interior, saliendo a través de las grietas presentes en la capa pictórica (reintegración, Si).

CONCLUSIONES

- En Vigo mayores alteraciones y cambios colorimétricos, especialmente los frescos. Todas las técnicas analíticas corroboran la formación de carbonatos de calcio en la superficie.
- Todas las reintegraciones presentan eflorescencias en superficie. Tanto en Vigo como en Granada carbonatos de calcio. En Vigo también cloruros (NaCl) procedentes del aerosol marino. Estas eflorescencias no se han detectado por DRX probablemente porque se encuentran por debajo del límite de detección (<5%).
- Los depósitos marrones en los frescos de Granada están formados por Si, Al, Na, Ca, Mg, P, S, K y Fe procedente del aerosol de Granada².

¹ Mokrzycki, M. y Tatol, M. 2011. Colour difference ΔE^* - A survey, Machine Graphic & Vision 20, 4, 383-411.

² Horemans, B., Cardell, C., Bencs, L., Kontozova-Deutsch, V., De Wael, K., & Van Grieken, R. (2011). Evaluation of airborne particles at the Alhambra monument in Granada, Spain. *Microchemical Journal*, 99(2), 429-438.